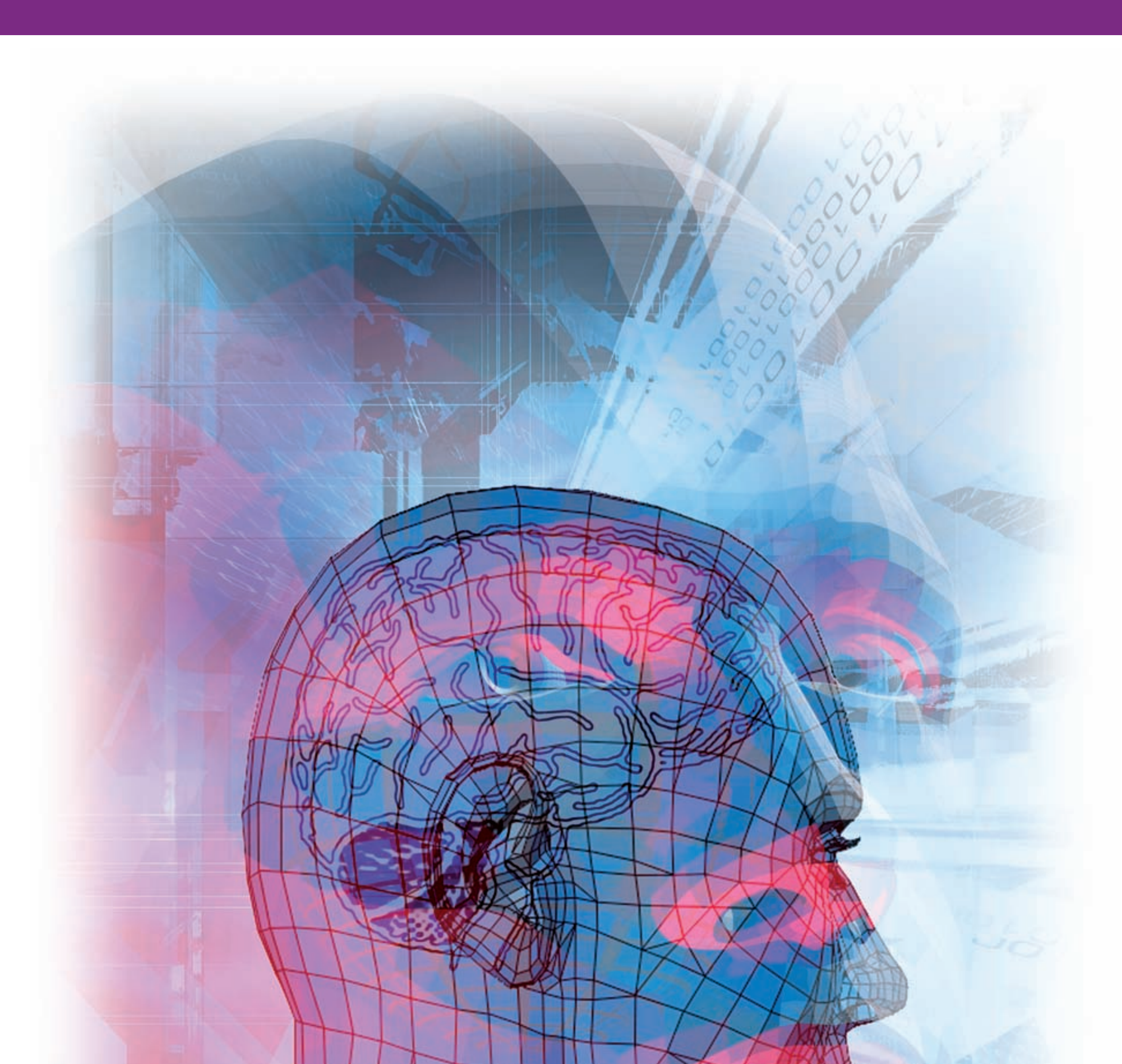
Creatividad y neurociencia cognitiva

Creativity and cognitive neuroscience



Dirección postal y correspondencia: Paseo de la Castellana, 178, 3.º Derecha. Madrid 28046
Domicilio fiscal: c/ Orense, 70. Madrid 28020
Tel.: 91 703 04 97. Fax: 91 350 92 18
www.institutotomaspascual.es • webmasterinstituto@institutotomaspascual.es

Coordinación editorial:

IM&C INTERNATIONAL MARKETING & COMMUNICATION, S. A.

Alberto Alcocer, 13, 1.º D. 28036 Madrid
Tel.: 91 353 33 70. Fax: 91 353 33 73
www.imc-sa.es • imc@imc-sa.es

ISBN: 978-84-7867-078-9
Depósito Legal: M-10789-2012

Creatividad y neurociencia cognitiva

Creativity and cognitive neuroscience

Coordinadores

D. Alfonso Perote Alejandre
Director de Proyectos del Instituto Tomás Pascual Sanz.
Fundación Tomás Pascual y Pilar Gómez-Cuétara.

Dr. Manuel Martín-Loeches Garrido
Responsable del Área de Neurociencia Cognitiva del Centro Mixto UCM-ISCIII de Evolución y Comportamiento Humanos.

Autores

Dra. Anna Abraham
Department of Clinical Psychology, Justus Liebig University Giessen, Germany.
American University of the Middle East, Kuwait.

Dra. Ingegerd Carlsson
Department of Psychology, Lund University, Sweden.

Dr. Hipólito Collado Giraldo
Sección de Arqueología. Consejería de Cultura.
Junta de Extremadura. España.

Dr. Roberto Colom Marañón
Departamento de Psicología Biológica y de la Salud.
Universidad Autónoma de Madrid. España.

Dr. Andreas Fink
Department of Biological Psychology,
Karl-Franzens-Universität-Graz, Österreich.

D. Albert Flexas Oliver
Departamento de Psicología y Grupo de Investigación.
Evolución y Cognición Humana (IFISC-CSIC).
Universidad de las Islas Baleares, España.

Dr. Ivar Hagendoorn
www.ivarhagendoorn.com

Dra. Marina Lozano Ruiz
Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social (IPHES).
Área de Prehistoria, Universitat Rovira i Virgili. Tarragona, España.





Dr. Ignacio Martínez Mendizábal
Profesor Titular, Departamento de Geología (Área de Paleontología).
Universidad de Alcalá. Madrid, España.

Dr. Luis Miguel Martínez Otero
Laboratorio de Neurociencias Visuales. Instituto de Neurociencias de Alicante.
Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
Universidad Miguel Hernández. San Juan de Alicante, España.

Dr. Vicente Molina Rodríguez
Departamento de Psiquiatría. Hospital Clínico de Valladolid.
Universidad de Valladolid, España.

Dra. Marina Mosquera Martínez
Área de Prehistoria, Universitat Rovira i Virgili (URV).
Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social (IPHES). Tarragona, España.

Dr. Marcos Nadal Roberts
Departamento de Psicología y Grupo de Investigación,
Evolución y Cognición Humana (IFISC-CSIC).
Universidad de las Islas Baleares, España.

Dr. Julio Romero Rodríguez
Sección Departamental de Didáctica de la Expresión Plástica.
Facultad de Educación. Universidad Complutense de Madrid, España.

Dra. Manuela Romo Santos
Departamento de Psicología Básica, Facultad de Psicología.
Universidad Autónoma de Madrid, España.

Índice

Prólogo

Querido lector:

El ser humano se distingue del resto de seres vivos por su capacidad para razonar, resolver problemas, inventar o crear cosas y adaptarse a los cambios, pero sobre todo por su comportamiento creativo. El cerebro creativo del ser humano es capaz de alcanzar soluciones novedosas e innovadoras en la toma de decisiones, o percibir las características del entorno de manera particular. Esta capacidad ha revertido en favor de un desarrollo progresivo de sus capacidades cognitivas y conductuales, capaces incluso de expresar un pensamiento abstracto profundo y elaborado, como se manifiesta en la mitología, el arte, el pensamiento místico o la espiritualidad.

El estudio de la actividad creativa del cerebro se convierte, por tanto, en una necesidad para la completa realización del ser humano. Comprender cómo el cerebro humano es capaz de generar ideas nuevas y relacionarlas con otras ya existentes beneficiará la expansión de la mente humana.

Atraídos por tan fascinante campo de conocimiento, el Instituto Tomás Pascual Sanz organizó, junto con el Centro UCM-ISCIII de Evolución y Comportamiento Humanos, un seminario de 4 días de duración en el que se abordó la creatividad desde niveles fundamentales o conceptuales hasta el nivel social y cultural. Fueron 15 expertos nacionales e internacionales que expusieron brillantemente la situación y la perspectiva que sobre la creatividad existen hoy día.

La neurociencia cognitiva se ocupa de estudiar los procesos biológicos que están detrás de la conducta creativa. Las cada vez más desarrolladas técnicas de neuroimagen han posibilitado importantes descubrimientos en la cognición creativa. Evidencias de que la generación de ideas creativas produce variaciones en la actividad cerebral animan a los científicos a continuar en el futuro investigando en esta línea. La neurociencia se ha convertido, por tanto, en un área de interés para todo aquello relacionado con la conducta y la cognición, y se considera una base útil para comprender disciplinas tan diversas como la educación y la psicología, la economía, la antropología, la sociología, etc. Por eso, nuestro Instituto ha apostado fuertemente por este campo de conocimiento, clave para, entre otras cosas, poder predecir el comportamiento humano frente, por ejemplo, al consumo de productos alimentarios.

Desde el Instituto Tomás Pascual Sanz queremos agradecer a la Sección de Neurociencia Cognitiva del Centro Mixto UCM-ISCIII de Evolución y Compor-

tamiento Humanos la calidad científica y personal que han manifestado tanto en la organización de aquellas jornadas como en la elaboración de este libro. Es nuestro deseo que sirva de provecho y nos proporcione nuevos enfoques para el conocimiento del apasionante mundo de la conducta y cognición humanas.

Ricardo Martí Fluxá
Presidente Instituto Tomás Pascual Sanz

Presentación

La Sección de Neurociencia Cognitiva del Centro Mixto UCM-ISCIII de Evolución y Comportamiento Humanos tiene el gusto de presentar en este volumen las intervenciones magistrales de la primera Escuela de Verano, realizada en septiembre de 2011. El convenio de colaboración establecido entre este Centro y el Instituto Tomás Pascual para la nutrición y la salud ha permitido que se lleve a cabo esta Escuela, que en esta primera edición lleva como título "Creatividad y neurociencia cognitiva". Esta colaboración nace con el objetivo de divulgar el conocimiento que se genera desde la neurociencia cognitiva, haciendo hincapié en las investigaciones y aportaciones más recientes en temas de interés social.

En esta primera Escuela abordamos el tema del comportamiento creativo como característica genuinamente humana, que, a bien seguro, inspira nuevas formas de desarrollo en nuestra sociedad en contextos tan dispares como la educación, la organización empresarial, la expresión artística o la innovación científico-tecnológica.

El estudio de la actividad creativa puede concretarse desde diferentes niveles, desde el fundamental o conceptual hasta el social y cultural. Así, la neurociencia cognitiva permite describir los procesos cognitivos que están detrás de la conducta creativa. Nos ayuda a responder cuestiones tales como ¿cómo el cerebro genera ideas novedosas y soluciones creativas?, ¿es posible mirar dentro del cerebro y estudiar cómo es el pensamiento creativo, al igual que se hace con la atención, la memoria o el lenguaje?, ¿o es un proceso tan distribuido que su estudio puede llegar a ser esquivo?, ¿cómo afectan las emociones al proceso creativo?, ¿es posible desarrollar/potenciar la creatividad?

Además, la importancia que tiene la creatividad en nuestras vidas como motor de evolución de nuestras sociedades nos invita a reflexionar sobre cómo nuestros antepasados homínidos tuvieron que hacer uso de la creatividad a la hora de lidiar con su adaptación al medio, cuando la tecnología estaba empezando a despertar. De hecho, la evolución desde estas formas "primitivas" de creatividad en nuestros antepasados marca una línea continua que nos lleva a producciones humanas tan complejas como el arte, la religión o las formas de socialización actuales. No podemos olvidar que en el gran teatro de la evolución, donde este progreso ha tenido lugar, ha habido un protagonista estelar: un cerebro en transformación permanente ante un entorno siempre cambiante.

Para hablarnos de todo lo anterior con detalle hemos contado con profesionales que han vivido y estudiado de primera mano la creatividad y algunas de sus expresiones, a saber, la científica, la artística, la sociocultural y la evolutiva.

En el primer bloque de la Escuela, dedicado al "Cerebro creativo", se exponen los fundamentos neurales, así como los últimos avances en metodología en el estudio de la creatividad. En esta línea, los Dres. Anna Abraham y Andreas Fink se basan en su amplia experiencia obtenida en numerosos experimentos con técnicas de neuroimagen (EEG e IRMf), para plantear la necesidad de utilizar paradigmas experimentales apropiados y rigurosos, sin olvidar los requisitos metodológicos y técnicos, en el estudio de este fenómeno tan complejo. La intervención del Dr. Roberto Colom incide en este aspecto, y nos habla de la importancia de utilizar técnicas de evaluación psicológica y criterios exhaustivos para "valorar" el proceso creativo, además de hacer una interesante reflexión sobre la relación entre la creatividad y la inteligencia. La Dra. Ingegerd Carlsson nos brinda su vasta experiencia de años de dedicación a la neuropsicología de la creatividad; en su ponencia nos explica que la necesidad de adaptación al medio es la que fundamenta y promueve la creatividad, con la invención de productos intelectuales y tecnológicos innovadores y útiles. De su lectura, nos sorprenderá descubrir que Pipi Calzaslargas, un mito infantil de los 80, constituye el paradigma de personalidad creativa.

El segundo de los bloques de contenidos, englobado bajo el título de "El cerebro creador", está dedicado a conocer la creatividad desde donde se gesta: el cerebro del artista, aquel cuyo pensamiento es en sí mismo creativo. En primer lugar, el artista, y a la vez estudioso de la neuroestética, el Dr. Ivar Hagendoorn, nos plantea la siguiente reflexión: ¿puede cualquier objeto ser considerado artístico por lo que es, o es más bien por lo que suscita en nuestro cerebro al percibirlo? Esta línea de investigación es compartida por el Dr. Marcos Nadal, quien, al tratar la íntima relación existente entre la obra del artista y la experiencia originada en quien la contempla, introduce el concepto de *artificación:* "hacer de un objeto o un evento algo especial", el cual suscita una experiencia estética y artística. Por otro lado, el Dr. Luis Miguel Martínez Otero nos explica que, aun siendo ciertos los supuestos anteriormente mencionados, existen características propias del procesamiento llevado a cabo por el sistema visual del que se han aprovechado los artistas pictóricos a lo largo de los siglos.

Las ponencias incluidas en el bloque "Creatividad, sociedad y cultura" nos muestran cómo las personas que forman una sociedad son las que entran en contacto directo con los procesos creativos como la literatura, la música o la educación. El Dr. Vicente Molina rebate la idea romántica de que el pensamiento creativo deba estar asociado a la enfermedad mental, haciendo hincapié en la gravedad que, para nuestra sociedad, revisten tales trastornos. En el contexto de la educación y el aprendizaje, el Dr. Julio Romero pone énfasis

en la íntima relación que debe existir entre creatividad y proceso educativo, y describe la educación como un arte por su potencial para transformar y crear nuevos aprendizajes. La experiencia como experta en psicología de la creatividad de la Dra. Manuela Romo se plasma en su exposición de lo que ella opina que deberían ser "los 7 ingredientes de la creatividad" que forman parte del "cóctel de la creación humana"; el reto que se nos plantea es descubrir nuestra propia combinación de tales ingredientes.

El último bloque temático es el dedicado a "Creatividad y evolución", el cual se inicia con la intervención del Dr. Hipólito Collado, que nos acompaña en un vertiginoso viaje en el tiempo que supera los 200.000 años de antigüedad, para mostrarnos las primeras manifestaciones creativas en el arte rupestre, en lo que posiblemente es la manifestación más genuina del ser humano. Por su parte, las Dras. Marina Lozano y Marina Mosquera comparten con nosotros las evidencias científicas que apoyan que el pensamiento creativo es una constante al estudiar la evolución de la cognición humana. Así, la Dra. Lozano nos habla de la posible relación entre la capacidad del lenguaje y la lateralización manual en la población de *H. heidelbergensis,* lo que habría supuesto el comienzo de una nueva forma de comunicación simbólica y socialización, así como de expresión emocional. Esta línea la amplía la Dra. Mosquera, al hablarnos sobre las claves de la evolución de la cognición humana, por ejemplo, la capacidad simbólica, la capacidad de metacognición o la capacidad de aprendizaje. Concluimos este bloque con la intervención del Dr. Ignacio Martínez; toda una oda al potencial humano como especie animal que ha adquirido las más altas capacidades adaptativas: creatividad, autoconciencia, socialización compleja y capacidad para escribir su propia historia sobre la Tierra.

Los organizadores queremos transmitir nuestra ilusión en la realización de este evento y la gratitud por la profesionalidad de todos los ponentes, cuyas intervenciones llenan estas páginas.

Director:
Dr. Manuel Martín-Loeches Garrido

Dra. Pilar Casado Martínez
D.ª Anabel Fernández Hernández
D.ª Sabela Fondevila Estévez
D. David Hernández Gutiérrez
Dra. Laura Jiménez Ortega
Dr. Francisco Muñoz Muñoz
Comité Organizador de la Escuela
de Verano "Creatividad y neurociencia cognitiva".
Sección de Neurociencia Cognitiva.
Centro UCM-ISCIII de Evolución
y Comportamiento Humanos

The neuroscience of creativity: a promising or perilous enterprise?

Dra. Anna Abraham

We live in a golden age of scientific opportunity with regard to the neuroscience of creativity. The field is very much in its nascent phase with an overabundance of questions waiting to be explored yet few research groups that focus on creative neurocognition as a primary field of study. We are therefore in a unique position to critically assess and unanimously determine the direction and standards that should be applied to investigations of the neuroscience of creativity. Indeed the endeavors that we pursue at this stage as neuroscientists and psychologists in order to understand the nature and function of human creativity in relation to the brain will form the very foundation of this incredible store of knowledge. The onus is therefore on us to deal head on with the thorny issues at hand, and to both operationalize and systematize the neuroscientific study of creativity. In the following chapter, three key issues which stand to hinder real progress being made in the neuroscience of creativity will be discussed.

a) Can creativity be optimally studied using current neuroscientific methods?

b) Should creative cognition be approached as a subject that is qualitatively distinct from other aspects of cognition?

c) Do we stand to gain significantly by explicitly circumscribing what is meant by creativity?

Creativity and the limitations of current neuroscientific methods

It is easy to understand the allure of applying neuroimaging techniques such as functional magnetic resonance imaging (fMRI) and electrophysiological methods such as electroencephalography (EEG) to understand the brain response when carrying out different behavioral tasks (Senior, Russell, & Gazzaniga, 2006). Such techniques allow us to relate behavioral performance together with its corresponding brain activity, and the outcomes can be interpreted to gain insights about the underlying mental operations involved in one task over the other. This contributes to the understanding of the mechanisms underlying different psychological processes and can even aid in formulation of theories concerning the same. Given the great potential of these techniques in allowing us to gain substantial scientific knowledge, it is little wonder that almost every major topic in psychology has now been investigated using such means.

In order to successfully realize the immense potential of such techniques, existing behavioral paradigms have to be suitably adapted for use in neuroscientific settings. While such paradigm adaptation is not very problematic for most fields of study, the same cannot be said for creativity. There are unique problems that sur-

face when seeking to adapt common creativity tasks for implementation using current neuroscientific methods (Abraham & Windmann, 2007; Arden, Chavez, Grazioplene & Jung, 2010; Dietrich, 2007b; Dietrich & Kanso, 2010). To illustrate this point the example of adapting the alternate uses task in an fMRI setting will be described, but the same setbacks would be applicable to almost all creativity tasks and neuroscientific methods.

The alternate uses task is perhaps the most widely employed creativity task and, in line with its original instructions (Wallach & Kogan, 1965), participants are asked to verbally generate as many novel uses as they can imagine for five common household objects (e.g., brick, shoe). The participants' responses are assessed in terms of the number of uses generated per object (fluency) and the degree of unusualness associated with each generated use (originality). The latter is assessed either in terms of how often the same use is generated by anyone else in the sample under study (e.g., Abraham, Windmann, McKenna & Gunturkun, 2007), or by having the uniqueness of the uses rated by judges (e.g., Fink, Grabner *et al.,* 2009). A high degree of originality is considered to be indicative of greater creative ability.

Directly adapting this task for an fMRI setting is challenging for several reasons. The total number of trials (five) is very low and is likely to compromise the quality of the average BOLD response. While an increase in the number of trials could potentially resolve this issue, how many trials can be added is limited by the trial duration. In the original alternate uses task, the trial duration is usually open-ended or very long (2-4 minutes). Such lengthy trial lengths are not optimal for either event-related or epoch-related analyses of the fMRI data. The alternate uses task has therefore commonly been adapted in fMRI setups with trial lengths of 20-30 seconds. But such trials lengths are still extremely long when compared to typical trial lengths in paradigms of normative cognition, such as attention and memory. fMRI testing durations are usually not more than 30-40 minutes. So, depending on the number of conditions within a paradigm, a lengthy trial length is like to result in a low total number of trials (e.g., 8 trials in Fink, Grabner *et al.,* 2009). And, just as in the case of behavioral measures like RT, low trial numbers can compromise the stability of the average BOLD signal.

In addition, the type of response, regardless of whether it is written or spoken, can lead to severe movement-related artefacts in the brain data. Most neuroimaging studies on creativity have not openly dealt with this issue in the publications (e.g., Chrysikou & Thompson-Schill, 2011) and only a handful appear to have taken this factor into consideration when devising trial events (e.g., Fink, Grabner *et al.,* 2009). An alternative approach to get around this issue would be to have participants generate the uses in the MRI scanner silently and verbally report the uses after the experiment in the feedback session (e.g., Abraham *et al.,* in review; Howard-Jones, Blakemore, Samuel, Summers & Claxton, 2005). However, this option also comes with its own set of problems. It is difficult to claim with any magnitude of certainty that participants are consistently following task instructions in the scanner when they do not have to make any behavioral responses in association with that task. It is

also not possible to rule out that the post-experiment report of the responses is unaffected by elaboration or forgetting.

Another major shortcoming in neuroscientific studies on creativity is that the control task used for comparison to the creative task is usually far less cognitively demanding and qualitatively very different from the creative task. For instance, a control task where one is to generate a story using semantically related words is considerably easier than the creative task where a story is to be generated using semantically unrelated words (Howard-Jones *et al.,* 2005). A means to get around this issue is to instruct subjects to be creative on some trials and uncreative on other trials (Chrysikou & Thompson-Schill, 2011; Howard-Jones *et al.,* 2005). But this is a suboptimal solution as it is difficult to account for how well participants can follow task instructions. It is possible, for instance, that the participants generate uncreative responses when trying to be creative, and vice versa.

A related point is that block or epoch-related fMRI analyses of the brain activity related to generating creative responses usually involves contrasting creative trials with control trials by comparing the average brain activity that takes place for each condition over a 20-30 second trial period. The problem here is that when carrying out such analyses, the resulting brain activity is not only that which accompanies the generation of a creative response, but also that which results when trying to generate a creative response. The essential point to note is that trying to be creative is not the same as actually being creative. So unless a means is found by which these factors (trying to generate creative ideas versus actual generation of creative ideas) can be dissociated from one other, the results from such analyses are necessarily confounded and not clearly informative.

Other factors such as the phenomenon of the "path-of-least-resistance" could also play a significant role in complicating expectations related to subjects' behavior. This well-documented phenomenon in creativity research refers to the tendency to approach a situation from the least cognitively demanding standpoint as possible (Finke, Ward & Smith, 1992; Ward, 1994). For example, studies have shown that when instructed to make an object within a prescribed category (e.g., furniture) using 3 geometrical figures that were chosen from a collection of 15 figures (e.g., sphere, cube, rectangular solid, tube), participants generated more creative responses when the 3 figures were randomly assigned to them by the experimenter compared to when they had the option of selecting any 3 figures themselves (Finke, 1990). When given the category of "Transportation", for instance, participants who could select the figures were more likely to pick figures with round edges (such as a sphere or wheels) that they could readily use as tires or wheels in the generated object. The participants who were assigned figures, however, had no choice but to make do with the figures they had been provided with and were therefore compelled to think in more original ways when using their figures to construct an object. The path-of-least-resistance phenomenon has a considerable impact on our propensity to generate creative responses in any given situation. Evidence shows that we cannot assume that instructing people to be creative will guarantee that they can indeed be creative. Tasks have to be cons-

tructed such that participants are compelled to think in creative ways.

Perhaps the most critical problem though in being able to assess what happens in the brain during creative thinking is that unlike most aspects of cognition and behavior, creativity cannot be prompted upon cueing in a predictable or reliable manner (Dietrich, 2007b). Participants may certainly be trying their best to think creatively while carrying out a creativity task but these attempts at being creative may not necessarily translate to actual success in creative idea generation, especially in the time frame that is necessary for useful data to be derived for an fMRI analysis. Creativity cannot be prompted in a manner that is predictable, reliable or valid with any degree of certainty. This is the reason why it has proved to be extremely difficult to time-lock brain activity to the precise moment when the creative responses are generated.

All of the aforementioned issues are severe hindrances in our ability to investigate creativity from a neuroscientific perspective. What is obvious from this admittedly dreary picture is that if the neuroscience of creativity is to progress beyond making merely general statements about the link between creativity and different parts of the brain, it is imperative that a fundamental shakeup takes place in our minds about how we conceptualize creativity as well as how to optimally employ neuroscientific methods to inform us about creativity. Such a call to arms was made a few years ago in a rousing editorial piece by Arne Dietrich where he stated that "It is high time that researchers became more creative about creativity" (Dietrich, 2007a). A necessary first step in doing so would be to methodically operationalize creativity in terms of its component processes. Following this, it is imperative that we not only adapt established creativity tasks to neuroscientific settings but also devise entirely novel paradigms that either directly or indirectly target these processes.

Such directions have already been taken in the study of the process of "insight" in creative thinking which refers to the sudden dawning of a solution to the problem that occurs as a result of a perspective or set shift (Bowden & Jung-Beeman, 2007; Bowden, Jung-Beeman, Fleck & Kounios, 2005; Jung-Beeman *et al.,* 2004). To study the process of insight in creative thinking, new paradigms have been devised and existing paradigms have been systematically and effectively adapted for use in neuroscientific settings. This has led to the favorable situation where most of the methodological and conceptual limitations that plague most neuroscientific research on creativity have been overcome. And this in turn has rendered it possible for significant advances to be made in understanding the neurcognitive mechanisms underyling this select aspect of creative thinking.

Similar efforts are currently underway in exploration of the operation of creative "conceptual expansion" (Ward, 1994) or our ability to broaden our conceptual structures in the generation of new ideas (Abraham *et al.,* in review; Kroger *et al.,* 2012; Rutter *et al.,* 2012).

The uniqueness of creative cognition

At the crux of our conceptualizations and investigations of creativity is the assump-

tion that the kind of mental operations that bring about creative thinking are somehow distinct from those that underlie normative cognition. It is no wonder that this supposition is customarily taken to be fact given that the end products of creative thinking (e.g., creating a poem) are often unusual or extraordinary compared to the end products of normative cognition (e.g., reciting a poem from memory). But are we correct in assuming that because the end products are so dissimilar, the cognitive processes involved in normative versus creative cognition are not comparable with one another? That would mean taking on the assumption that there is a separate toolbox in the brain that specializes in creative cognition that is distinct from or only partially overlaps with the normative cognition toolbox. What are the mental operations that are unique to creativity? How do they interact with those of normative cognition? Is such a modularity based premise of creative cognition viable from an evolutionary perspective? (Cosmides & Tooby, 1994; Uttal, 2003). And what evidence would be needed to empirically validate such ideas?

Such polemic questions have seldom been posed in the literature and the issues they expose are rarely, if ever, the subject of the focus in mainstream cognitive or neuroscientific research on creativity. An exception to this is "creative cognition approach" where this issue has been broached from an information processing perspective (Finke *et al.,* 1992; Smith, Ward & Finke, 1995; Ward, Finke & Smith, 1995). According to this theoretical framework, it is highly unlikely that there are mental operations that are exclusively in place for creative cognition. The information processing toolboxes would be expected to be one and the same for both creative and normative cognition. The essential difference between creative and normative cognition though lies in the kind of the situations in which our information processing toolboxes need to be applied. The situational factors during creative cognition are open-ended or unclear whereas the situational factors during normative cognition are concrete or predictable. A situation that is open-ended and involves the generation of novel responses to reach a solution to the problem would give rise to creative cognition. Although the creative cognition framework has received some attention in the domain of cognitive science, it has only been limitedly explored from a neuroscientific point of view (Abraham & Windmann, 2007; Abraham, Windmann, McKenna & Gunturkun, 2007; Abraham, Windmann, Siefen, Daum & Gunturkun, 2006; Kroger *et al.,* 2012; Rutter *et al.,* 2012).

In fact, most theoretical frameworks that have related the brain with mental operations relevant to creativity have largely adopted what can be referred to as an "individual differences approach" where the aim has been to uncover the information processing or brain biases that differentiate highly creative individuals from average or low creative individuals. Highly creative individuals have been primarily characterized as having flat associative hierarchies in the organization of semantic networks (Mednick, 1962), defocused or diffuse attentional processing (Mendelsohn, 1976), and cognitive disinhibition or the enhanced ability to overcome contextual constraints or mental

sets that hinder creative thinking (Martindale, 1999). More recent findings have linked higher creativity with a host of individual factors such as reduced white matter integrity in inferior frontal brain regions (Jung, Grazioplene, Caprihan, Chavez & Haier, 2010), greater right hemisphere contributions (Kounios *et al.,* 2008), increased frontal activity (Carlsson, Wendt & Risberg, 2000; Chavez-Eakle, Graff-Guerrero, Garcia-Reyna, Vaugier & Cruz-Fuentes, 2007), and stronger alpha synchronization (Fink, Grabner *et al.,* 2009; Fink, Graif & Neubauer, 2009).

One of the more obvious issues that need to be addressed when adopting such an individual differences based approach in creative neurocognition is to determine how consistent the reported findings are both across creativity domains and within creativity domains. So, for instance, would the finding of a positive correlation between cortical connectivity and originality on verbal creativity measure X also be expected when using another verbal creativity measure Y? And how generalizable are these effects expected to be across domains (verbal versus non-verbal creativity)? Another issue of import is the choice of the control group to the highly creative group. In studies where high versus low creative groups are classified according to their performance on one or more creativity measures, it is important to determine what "low performance" actually means in the context of the creativity tasks in question. Does low performance on the alternate uses task, for instance, indicate below average or average creative ability? This is a difficult question to answer as most creativity tasks are not standardized and have no associated norm data available. But depending on how this question is answered, the choice of which control group (low performance group or average performance group) would be a better comparison group to the high creative performance group is a critical one that is likely to impact how one interprets the associated findings.

Another approach to investigating high versus low creative groups is to contrast individuals who are highly proficient in ostensibly creative pursuits (e.g., art, music) versus those who are not. Notwithstanding the significant impediments faced when ensuring homogeneity of the samples in such studies, the assumption that insights concerning creative thinking can more readily be gained by investigating people who pursue the fine arts compared to other professions is highly debatable. Original thinking is both highly valued and associated with greater success in several professions in the world including the domains of marketing, law, engineering, advertising, research, teaching and even accounting. It is also shortsighted to indiscriminately assume that anyone who pursues the fine arts is, per definition, highly creative. Such overgeneralizations not only significantly hamper our ability to uncover the neurocognitive mechanisms underlying creative thinking, but also contribute to a great deal of inconsistency and confusion in our basic conceptualizations of what creativity entails.

Delimiting creativity

In much empirical work, creativity is customarily investigated at the product level. A response or product is judged to be creative to the extent that it is both original (or unique or unusual or statistically rare)

and relevant (or fitting or appropriate or functional) to a particular end (Abraham & Windmann, 2007; Boden, 2004; Hennessey & Amabile, 2010; Runco, 2004). This general definition of creativity is applicable in most situations that call for some kind of creative problem solving. Ironically, the usefulness of this standard definition of creativity is most debatable in the context of the fine arts where is considerably more difficult to obtain a consensus on both the presence and the degree of originality associated with a work of art as well as to ascertain to what extent the factor of relevance plays a role. The situation is further aggravated by the fact that it is unclear how creativity in one domain (e.g., mathematical creativity) relates to creativity in other domains (e.g., artistic creativity).

Despite these glaring problems, we continue to carry out neurocognitive investigations on creativity across domains and make generalizations about how this is indicative of creative thinking in general. But are we really justified in grouping the insights gained from assessing the brain response of high versus low performers on the alternate uses task with those of proficient versus novice dancers when we still lack a common comprehensive framework that brings all these different facets of creative thinking together? Imagine if the neurocognitive domain of memory research was in the same position as the field of creativity is in today. This would translate to, for instance, lumping together all the findings associated with learning procedural skills (such as learning to ride a unicycle) with those associated with spatial memory (such as the organization of the London Underground network) and episodic memory (such as one's memory of graduation day). Such an undertaking would at best enable only a vague understanding of memory function alongside a complete inability to develop any knowledge of the specific mechanisms underlying different types of memory. The field of memory research greatly profits from having systematic and detailed theoretical frameworks that guide interdisciplinary empirical investigations. The same is necessary for the domain of creativity research if truly significant advances are to be made. The first step in such an endeavor would be to delineate what creativity entails.

For instance, it may be necessary to dissociate the domain of creative thinking as it applies to problem solving from the domain of creative thinking as it applies to proficiency or skill. In the case of the former, the capacity for problem solving is assessed based on performance on one or more creativity tasks (Grabner, Fink & Neubauer, 2007; Jung, Segall *et al.,* 2010) whereas in the latter situation, the level of proficiency is determined either by the degree of existing skills (e.g., artistic) which are above average (Fink, Graif *et al.,*2009; Gibson, Folley & Park, 2009) or exceptional (Hou *et al.,* 2000; A. Snyder, 2009), or develop in a startling and unanticipated manner (Miller & Hou, 2004; Miller, Ponton, Benson, Cummings & Mena, 1996). Making dissociations between creative problem solving versus proficiency when understanding creativity would mean that insights obtained by, for instance, investigating the brain connectivity in absolute pitch musicians (Loui, Li, Hohmann & Schlaug, 2011) or patients with frontotemporal dementia who develop astounding artistic skills post-stroke (Seeley *et al.,* 2008), cannot be automatically ge-

neralized to, for instance, findings associated with studying brain activations that result while performing the alternate uses task (Chrysikou & Thompson-Schill, 2011).

This is not to say that selective findings are to be ignored. In fact the opposite needs to be the case. Any study that claims its insights are relevant to the domain of creativity needs to be assessed in terms of how it fits into the larger framework of creativity. Our problem is that such a framework is currently lacking, so it is the responsibility of the researchers to carry out their investigations with these larger objectives in mind. So, for instance, when drawing allusions between the proficiency and problem solving subdomains in creativity, it would be valuable to indicate how proficiency-based findings, such as purportedly enhanced proficiency in drawing skills following transcranial magnetic stimulation (TMS) (A. W. Snyder *et al.,* 2003), can be explicitly linked to problem-solving-based findings, such as enhanced originality and brain activity as a function of cognitive stimulation (Fink *et al.,* 2010). The link between the creative problem solving and proficiency subdomains needs to be tackled and research efforts which bring both these subdivisions together, such as evaluating the brain response during jazz improvisation in musicians (Limb & Braun, 2008), will aid us in reaching this aim.

Similar attempts at circumscribing creativity would help us broach further important issues such as formalizing the differences and similarities between different types of creativity as well as operationalizing the different creativity tasks in terms of what proportion of cognitive operations are shared between them. All of these are necessary initial steps to take if the overarching objective of neuroscientific studies of creativity is to glean the underlying neural and information processing mechanisms of this most extraordinary of human abilities.

References

Abraham A, Windmann S. Creative cognition: the diverse operations and the prospect of applying a cognitive neuroscience perspective. Methods 2007; 42(1):38-48.

Abraham A, Windmann S, McKenna P, Gunturkun O. Creative thinking in schizophrenia: the role of executive dysfunction and symptom severity. Cogn Neuropsychiatry 2007; 12(3):235-58.

Abraham A, Windmann S, Siefen R, Daum I, Gunturkun O. Creative thinking in adolescents with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). Child Neuropsychol 2006; 12(2):111-23.

Arden R, Chavez RS, Grazioplene R, Jung RE. Neuroimaging creativity: a psychometric view. Behav Brain Res 2010; 214(2):143-56.

Boden MA. The creative mind: Myths and mechanisms. London: Routledge, 2004.

Bowden EM, Jung-Beeman M. Methods for investigating the neural components of insight. Methods 2007; 42(1):87-99.

Bowden EM, Jung-Beeman M, Fleck J, Kounios J. New approaches to demystifying insight. Trends Cogn Sci 2005; 9(7):322-8.

Carlsson I, Wendt PE, Risberg J. On the neurobiology of creativity. Differences in frontal activity between high and low creative subjects. Neuropsychologia 2000; 38(6):873-85.

Chavez-Eakle RA, Graff-Guerrero A, García-Reyna JC, Vaugier V, Cruz-Fuentes C. Cerebral blood flow associated with creative performance: a comparative study. Neuroimage 2007; 38(3):519-28.

Chrysikou EG, Thompson-Schill SL. Dissociable brain states linked to common and creative object use. Hum Brain Mapp 2011; 32(4):665-75.

Cosmides L, Tooby J. Origins of domain-specificity: The evolution of functional organization.

In L. Hirschfeld & S. Gelman (Eds.). Mapping the Mind: Domain-specificity in cognition and culture. New York: Cambridge University Press, 1994; 85-116.

Dietrich A. The wavicle of creativity. Methods 2007a; 42:1-2.

Dietrich A. Who's afraid of a cognitive neuroscience of creativity? Methods 2007b; 42(1):22-7.

Dietrich A, Kanso R. A review of EEG, ERP, and neuroimaging studies of creativity and insight. Psychol Bull 2010; 136(5):822-48.

Fink A, Grabner RH, Benedek M, Reishofer G, Hauswirth V, Fally M, Neubauer AC. The creative brain: investigation of brain activity during creative problem solving by means of EEG and FMRI. Hum Brain Mapp 2009; 30(3):734-48.

Fink A, Grabner RH, Gebauer D, Reishofer G. Koschutnig K, Ebner F. Enhancing creativity by means of cognitive stimulation: evidence from an fMRI study. Neuroimage 201o; 52(4):1.687-95.

Fink A, Graif B, Neubauer AC. Brain correlates underlying creative thinking: EEG alpha activity in professional vs. novice dancers. Neuroimage 2009; 46(3):854-62.

Finke RA. Creative imagery: Discoveries and inventions in visualization. London: Routledge, 1990.

Finke RA, Ward TB, Smith SM. Creative cognition: Theory, research, and applications. Cambridge, MA: MIT Press, 1992.

Gibson C, Folley BS, Park S. Enhanced divergent thinking and creativity in musicians: a behavioral and near-infrared spectroscopy study. Brain Cogn 2009; 69(1):162-9.

Grabner RH, Fink A, Neubauer AC. Brain correlates of self-rated originality of ideas: evidence from event-related power and phase-locking changes in the EEG. Behav Neurosci 2007; 121(1):224-30.

Hennessey BA, Amabile TM. Creativity. Annu Rev Psychol 2010; 61:569-98.

Hou C, Miller BL, Cummings JL, Goldberg M, Mychack P, Bottino V, Benson DF. Autistic savants. [correction of artistic]. Neuropsychiatry Neuropsychol Behav Neurol 2000; 13(1):29-38.

Howard-Jones PA, Blakemore SJ, Samuel EA, Summers IR, Claxton G. Semantic divergence and creative story generation: an fMRI investigation. Brain Res Cogn Brain Res 2005; 25(1):240-50.

Jung-Beeman M, Bowden EM, Haberman J, Frymiare JL, Arambel-Liu S, Greenblatt R, Kounios J. Neural activity when people solve verbal problems with insight. PLoS Biol 2004; 2(4):E97.

Jung RE, Grazioplene R, Caprihan A, Chavez RS, Haier RJ. White matter integrity, creativity, and psychopathology: disentangling constructs with diffusion tensor imaging. PLoS One 2010; 5(3):e9818.

Jung RE, Segall JM, Jeremy Bockholt H, Flores RA, Smith SM, Chavez RS, Haier RJ. Neuroanatomy of creativity. Hum Brain Mapp 2010; 31(3):398-409.

Kounios J, Fleck JI, Green DL, Payne L, Stevenson JL, Bowden EM, Jung-Beeman M. The origins of insight in resting-state brain activity. Neuropsychologia 2008; 46(1):281-91.

Kröger S, Rutter B, Stark R, Windmann S, Hermann C, Abraham A. Using a shoe as a plant pot: neural correlates of passive conceptual expansión. Brain Res 2012; 1430:52-61.

Limb CJ, Braun AR. Neural substrates of spontaneous musical performance: an FMRI study of jazz improvisation. PLoS One 2008; 3(2):e1679.

Loui P, Li HC, Hohmann A, Schlaug G. Enhanced cortical connectivity in absolute pitch musicians: a model for local hyperconnectivity. J Cogn Neurosci 2011; 23(4):1.015-26.

Martindale C. Biological basis of creativity. In Sternberg RJ. (Ed.), Handbook of Creativity. New York: Cambridge University Press, 1999; 137-52.

Mednick SA. The associative basis of the creative process. Psychol Rev 1962; 69:220-32.

Mendelsohn GA. Associative and attentional processes in creative performance. Journal of Personality 1976; 44:341-69.

Miller BL, Hou CE. Portraits of artists: emergence of visual creativity in dementia. Arch Neurol 2004; 61(6):842-4.

Miller BL, Ponton M, Benson DF, Cummings JL, Mena I. Enhanced artistic creativity with temporal lobe degeneration. Lancet 1996; 348(9.043):1.744-5.

Runco MA. Creativity. Annu Rev Psychol 2004; 55:657-87.

Rutter B, Kröger S, Stark R, Schweckendiek J, Windmann S, Hermann C, Abraham A. Can clouds dance? Neural correlates of passive conceptual expansion using a metaphor processing task: Implications for creative cognition. Brain Cogn 2012; 78(2):114-22.

Seeley WW, Matthews BR, Crawford RK, Gorno-Tempini ML, Foti D, Mackenzie IR, Miller BL. Unravelling Bolero: progressive aphasia, transmodal creativity and the right posterior neocortex. Brain 2008; 131(Pt 1): 39-49.

Senior C, Russell T, Gazzaniga MS. Methods in Mind. Cambridge MA: MIT Press, 2006.

Smith SM, Ward TB, Finke RA. The creative cognition approach. Cambridge MA: MIT Press, 1995.

Snyder A. Explaining and inducing savant skills: privileged access to lower level, less-processed information. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci 2009; 364(1.522):1.399-405.

Snyder AW, Mulcahy E, Taylor JL, Mitchell DJ, Sachdev P, Gandevia SC. Savant-like skills exposed in normal people by suppressing the left fronto-temporal lobe. J Integr Neurosci 2003; 2(2):149-58.

Uttal WR. The new phrenology: The limits of localizing cognitive processes in the brain. Cambridge MA. MIT Press, 2003.

Wallach MA, Kogan N. Modes of thinking in young children: A study of the creativity-intelligence distinction. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1965.

Ward TB. Structured imagination: The role of category structure in exemplar generation. Cognitive Psychology 1994; 27:1-40.

Ward TB, Finke RA, Smith SM. Creativity and the mind: Discovering the genius within. New York: Plenum Press, 1995.

The creative personality in the light of neuropsychology

Dra. Ingegerd Carlsson

My presentation is a personal selection from a very large amount of research on the topic. We will start in the broader creativity concept, move to the neuropsychological research on creativity, and I will conclude with some recent neuropsychological creativity models.

Let me start the story with a picture from the wild, showing a chimpanzee using a stick, that it first has peeled from twigs, in that way making it suitable as a tool to pull out insects from a narrow hole! Your imagined picture illustrates the notion that precursors to creativity exist also in our wild relatives: Even chimpanzees can make a very rudimentary tool. Actually creativity as a human faculty long ago grew in the wild! And of course creativity is very much about coming up with wild ideas. Indeed one can say that the necessity to get our food is the mother of all inventions!

Our prehistoric ancestors the early humanoids were neither able to flee away from their predators, nor able to kill a threatening cave lion. Our ancestor had no strong legs, no wings, no protective armor, no big teeth, nor any strong claws or poison. The species could survive and develop because he could invent more and more useful artifacts – for example spears that can kill predatory cave lions that wanted to eat them, or traps that could snare small prey to get food to eat. Today we have come a long way from making the earliest survival tools. We have the mental ability to create complex abstract concepts, for example the democratic system or grand theories about the birth and end of the universe. I concur with Richards (2007) that human beings' everyday creativity is indeed necessary for our survival.

Creativity

What is creativity? It implies that something new comes into existence, i.e.: a new way of doing things; that an old problem is viewed in a new way; or that a new problem or opportunity is discovered. It is all about a new combination that serves a purpose, as for instance even an ordinary rake can serve as a tool to put sausages on at the charcoal grill. Already a hundred years ago Poincaré wrote that the most fruitful new combinations are those that come from areas that lie far from each other. So especially important is the ability to incorporate that which seemingly does not belong together, or falls outside the frame.

Creative people prefer the seemingly incoherent and complex, rather than that which is very harmonious, because it challenges your curiosity (Csikszentmihalyi, 1996). Creative people are often extremely curious people who are more interested in trying a new way, rather than stay content with already given answers.

This can be termed that they have high internal motivation or, in other words an interest in the chosen subject, rather than getting external benefits such as course credits or high status.

The basis for creativity is an original, unusual idea which eventually leads to a useful product, thus during the process leading from the problem to the product new ideas are formed. The new idea was described long ago by Vygotskij (1930) as an imaginative new combination of existing memory building blocks. The point here is that even though the new idea feels like it has sprung from out of nowhere, or as sent by the gods, it is the non-conscious brain combination work that gets noticed by the conscious mind.

When drawing the outlines of what creativity is, I think it is useful to talk about what creativity is not. It is not the same thing as intelligence, talents, efficiency, or productivity… but knowledge and abilities are of course necessary and indispensable tools for the person who wants to be creative. So a fair share of IQ, up to a certain point, is of course obligatory to be able to learn the necessary knowledge. General intelligence is one of different talents, but the various talents are only the raw material, the inborn gifts. These must be much practiced to be able to use them creatively.

Complexity, as was said, is one of the key words regarding creative people. Research on the personality traits associated with creativity shows that they are characterized by high complexity. Mihalyi Csikszentmihalyi found when studying highly successful creative (Big C) people, that the creative individual has both child-like passion, playfulness and imagination and the persistance and logic of the adult. There is both high energy and sometimes the opposite, introversion and extraversion, sometimes the person is assertive, sometimes humble; and shows both conservative and risk taking traits.

Efficiency and productivity is seldom more than moderate when you go on a very creative journey, since it takes a lot of time to gather knowledge and lots of errors to elaborate an idea. Exceptions to this are rare, since it takes a lot of good coincidences for Big Creativity to come into being. High talent is rare; fruitful circumstances are rare; high intrinsic creative motivation is rare – so it understandably is extremely rare to find a combination of all of these in one person. One such gigantic man, where many seldom occurring things coincided, very high talent, very high passion and very fruitful circumstances, was Picasso. His now iconic painting Guernica was exhibited in the Spanish Pavilion of the 1937 World's Fair in Paris. Although Picasso was seldom outwardly political this work expresses the suffering under oppression and dictatorship. When Picasso agreed to make a mural to the World Fair, he had not yet found a particular motive in his mind. But after a few months he saw the newspapers' black and white photos from the bombings in the small village of Guernica, he got ignited and could start making sketch after sketch in an outburst of the creativity process. Sketches were transferred to the canvas, which he also reworked several times. "A painting is not thought out and settled in advance", said Picasso. "While it is being done, it changes as one's thoughts change".

The creative process

It is a huge jump from Guernica to the very "dry" figure 1, where I have illustrated the different thinking processes in creativity, and how they alternate during the process starting with the igniting spark, to the final exhibited work.

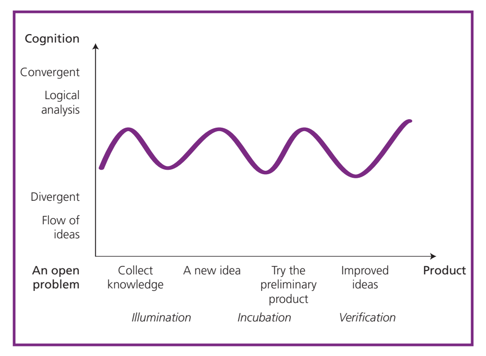


Figure 1. The creative process.

The product is the end point of the x-axis in the figure. The start is an open-ended problem, i.e. you have a complex task which does not have one correct solution, but instead there are different more or less creative ways to solve it.

In the figure on the y-axis you see the well-known cognitive concepts of divergent, imaginative, associative cognition, and convergent, logical-rational, thought. These alternate during the creative process. Imaginative, metaphorical ideations in the phase when new ideas are formed are succeeded by verification and evaluation phases. The evaluation is made by the portion of the mind that is rational and reality oriented.

Thus, the figure illustrates that to make a journey through a truly creative process, the person must have good access *both* to the imaginative mind set *and* to the logical objective mind. These are equally important but occur in different phases of the process.

I also want to present another complex personality, namely Pipi Calzaslargas (figure 2). She is obviously a successful and very useful creative product. And her "gestalt" can be regarded as an ideal or archetype of the creative person. Her author Astrid Lindgren managed to integrate several opposites, i.e. Pipi lives just like an adult independently on her own in a big house. But at the same time she obviously has the physical body of a child; she is both hugely rich but also enormously generous with her treasure; she is unconventional and travels to the South Seas, but when she comes home for Xmas she bakes traditional Swedish Christmas cakes. But of course in her own personal way, because she uses the floor as a baking table! Pipi is also intuitive and sensitive to small details that are overseen or discarded by most people. Like in this picture where we see her in a relaxing environment when she invents new uses for an empty cotton spool. (Now I pray that Astrid Lindgren in her heaven forgives me for wanting to peep into Pipi's brain and investigate how it works creatively!).



Figure 2. An integration of opposites. Pipi Calzaslargas (Ill. Ingrid Vang-Nyman).

Early neuropsychological creativity research

I want to make a long history very short, and just mention very early theorists on creativity in the neuropsychological perspective. It was discovered long ago that the left and right hemispheres had somewhat different dominant functions. It was found that verbal functions are much lateralized and localized in the left hemisphere. The researchers assumed that an overly dominant left hemisphere might be a problem if it would thereby inhibit important functions for creativity presumedly more lateralized to the right hemisphere (Bogen & Bogen, 1969).

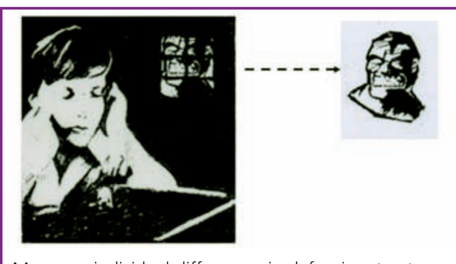
Studies were later made on so called split brain patients, where the large nerve tract called Corpus callosum and connecting the hemispheres was cut off, in an effort to stop epileptic seizures to spread to the other hemisphere. The studies established that compared to normal persons, patients had a lack of symbolic dreams, had more concrete thinking, a lack of understanding the whole picture and of metaphors. The researchers' conclusion was that split brain patients lacked important abilities for creativity (Hoppe & Kyle, 1990).

The alpha state

Beginning in the 70-ies, Martindale and coworkers in several studies investigated normal participants. They used EEG, and compared more or less creative groups, and established that creative people's original ideas often come in the daydream (alpha) state. A person in an Alpha state experiences free-floating, unfocused day-dreaming mentation. The alpha state has been found to be characterized by larger active networks in the brain and to come about by a lowered degree of inhibition in the cortex, or as Martindale put it; there is a "slight disinhibition" in creative people. Thus the alpha state enables unusual and farfetched connections between thoughts and memories. Sometimes these new associations are not only unusual but also useful and creative (related in Martindale, 1999).

Lund studies

During the 80es I was inspired by a course in neuropsychology where I learned that it was possible to stimulate only one visual half field in the eyes, and by that way send visual information to the opposite brain hemisphere. Information from the left visual fields in both eyes gets projected to the right hemisphere and vice versa. I got an idea and ventured on a project investigating how the brain hemispheres interact in more or less creative people, and if the cerebral hemispheres are lateralized on defense mechanisms (Carlsson, 1989, 1990). The participants were university students (N = 169). The test was a visual semi-projective process test of defence mechanisms validated in many studies and much used in clinical practice as a diagnostic tool. This test consists of a pair of two visual stimuli shown many times on a tv screen, during a test process which starts at a subliminal, unconscious, time level and successively prolonged. It is not possible to go into the details here and now, but the interested reader may consult a new manual (Smith, Johnson, Almgren, & Johanson, 2002) (figure 3).



Measures individual differences in defensive structure, during a step-by-step testing procedure. It starts at a subliminal, unconscious, level and ends at a conscious level. The subject tells what s(he) sees on the screen at each successive step in between.

Figure 3. A perceptual defence mechanism test. The stimulus pair in the defense mechanism test.

The result showed significant differences between the left and the right groups and the control group. The left hemisphere group had significantly more defense containing symbolic transformation, or that keep things safely apart. Thus, before one part (a threatening, angry face) of the larger picture was correctly perceived and described, earlier during the test process it could be described as an innocuous object, or as a white and covering area. In the *right* hemisphere group there were significantly more occurrences of a regressive or immature defense, implying strong changes of the larger picture, sometimes implying chaotic perception, where all structure was lost. When comparing with the control group, I found that both hemisphere groups differed significantly, but in different ways, from the control group. This result points towards that good interaction between the hemispheres is important for optimal handling of complex information. Furthermore, males and females differed significantly in defensive style, something we have found in other studies as well. Also, the females tended to show stronger lateralization between the hemispheres.

My second research question was if creativity would interact with degree of lateralization of the defense mechanisms. For reasons of time I will not go into how creativity was measured, but instead go directly to the results. I found for the highly creative group, that they had same defenses in both hemisphere groups, and that medium creative groups showed a lateralization tendency. When it came to the low creative left and right groups, they were very much lateralized on the test of defense mechanisms.

Thus highly creative people were found to be able to flexibly shift between several different defenses, and not rigidly using one mode. That low creative people more often use only one defense has been shown in other studies of youngsters as well as adults. It was established in another study that the prevalent defense mechanisms are different in male and female youngsters, but that creative youngsters make use of both.

In a later project I wanted to get an even closer look at the brain. We then investigated differences in the cortical blood flow in an apparatus using 254 detectors (Carlsson, Wendt & Ris-berg, 2000). Participants were male university students, 12 high and 12 low creative, selected on beforehand from a larger group. Both groups had a mean age of 23, all right handed and healthy students from different university faculties. I met with each participant on three different days a few weeks apart. The first day was the selection on creativity.

On the second day, the cortical blood flow measurements were done. Measurements were made when the participant did three

verbal tasks, in random order. These were always preceded by a measurement during rest when the participant was instructed to just lay and rest with closed eyes.

One simple verbal task was counting aloud (1, 2, 3, upwards). Another task was saying words starting on a certain letter, a new letter every minute (F, A, S…) The third task was a verbal creativity test; telling as many as possible different usual and unusual uses of Bricks that one could think of. By using only verbal tasks it would be possible to see if there was different brain activity when more and more complex verbal functions were performed. On the last part of the second day, state and trait anxiety forms were filled out.

Turning to the results, we got an unexpected finding already during the rest. Here the highly creative group had its highest cortical activity compared to the other three conditions. In contrast, the low creative group showed the lowest activity when resting, compared to the other three conditions. This was at the time interpreted in accordance with findings by Martindale, who found that creative people had shown worse ability to relax in a feedback task where they were supposed to slow down their alpha activity. But it could also be the case that this difference was due to different "default" or habitual cortical modes when relaxing, in high and low creative people. We actually did not find a significant relationship between the anxiety measures and the hemispheric means during rest.

We go on with the results: figure 4 shows the mean difference in the high versus low creative group, when the blood flow in the Brick task was subtracted from the blood flow in the Resting condition. The brain is seen from above, with the frontal lobes upwards in the picture. The red areas indicate significantly more blood flow. As you can see by the distribution of the red spots, the frontal areas in the creative group are activated bilaterally, compared to the resting measurement, while in the low creative group, the left hemisphere is more activated than the right.

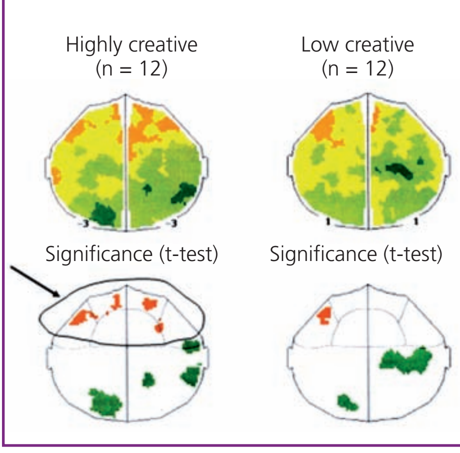


Figure 4. When the brain does a creative task. Difference from FAS to Brick.

We also analyzed the difference between the complex verbal task, i.e. the FAS test, and the Brick. When looking specifically at the frontal areas, significant differences were shown in both the anterior prefrontal, the frontotemporal and superiorfrontal areas between the high and low creative groups. I show one of the illustrations here (figure 5). The pattern was a little different in the other areas, but it consistently involved a diminishing of the blood flow in the right hemisphere in the low creative group.

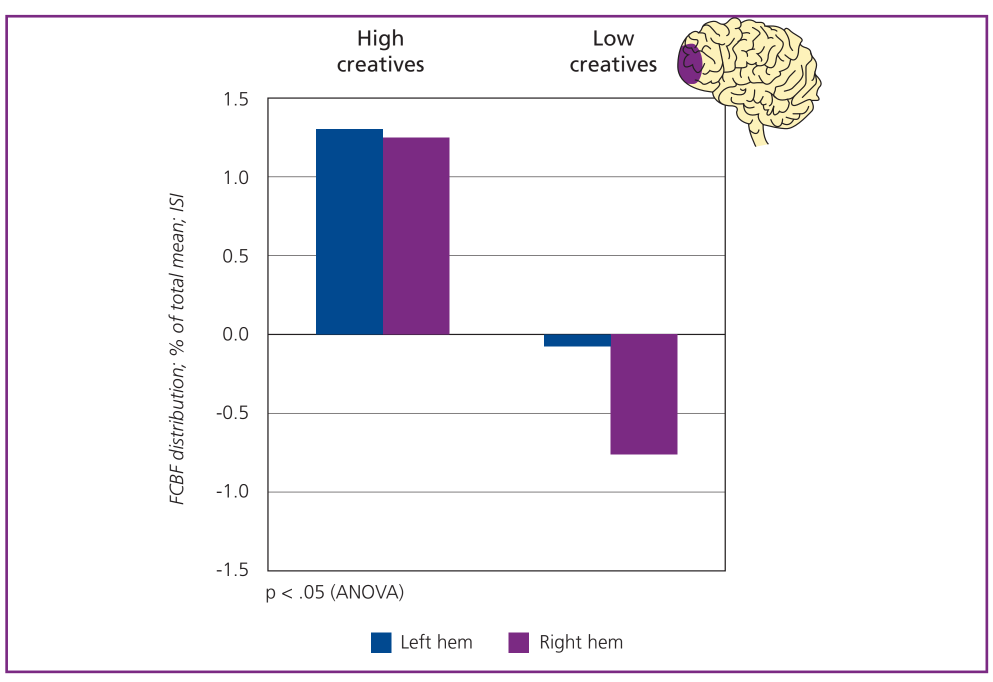


Figure 5. The anterior prefrontal areas in high and low creative.

In the project we also wanted to get hold of the cognitive profile, and our expectation was that the low and the high creative groups would be very similar, since the group was so homogenous. On the third day I tested each participant with a cognitive battery of time-limited tests. The participant took three verbal and two spatial tests, and here we found no differences between high and low creative groups. However, a large difference was found on a Matrices test of logical-inductive ability. The groups differed very much also on a test of perceptual speed.

In figure 6 you can see one of the items in the matrices test of logical reasoning. Which group then did the best?

It was actually the low creative group that performed best ($p < .0001$). They all had a result above the mean for the age group. The high creative group was more centered on the mean. And the same result was found on the perceptual speed task, which did not involve analytic thinking, but the ability to rapidly put the right number for the right symbol on a sheet during 90 seconds.

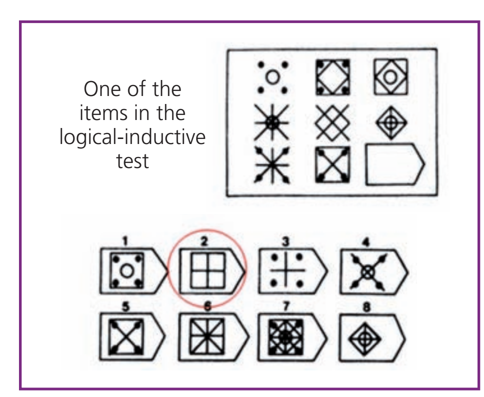


Figure 6. An item in the matrices test.

We were surprised by these result and wanted to understand them. One explanation was given by the result on the tests of anxiety. We first of all found that the highly creative group scored higher on tests of worry and anxiousness. We also found a negative correlation (– .51) between anxiety and the (time limited) logical test. We reasoned that the creative group did worse partly because their stress level might have got higher than optimal on this task; when you get too stressed, you perform worse. But the low creative persons may have a lower level of basic default arousal, so their stress level, even though it possibly increased, did not get above an optimal level.

Some main conclusions made were that highly creative people have a higher interaction between the hemispheres and that they can balance and shift between the functions in both the cortical hemispheres. But we also concluded that highly creative people sometimes are at a disadvantage and that the creative "golden coin" has a dark reverse side. A lower degree of inhibition and control in the nervous system (disinhibition) results in a higher degree of incoming information that is not filtered away. This can result in overload and a breakthrough of negative emotional and impulsive behavior when stressed. It is well established that highly creative people are at greater risk for certain types of psychopathology, including mood disorders, schizophrenia-spectrum disorders and alcoholism.

Eysenck's (1995) creativity model is informative here. In Eysenck's model, degree of inhibition in the brain is regulated by the transmittor substances dopamine and serotonin, and these are also involved in the personality trait psychoticism in his tripartite model of the personality. Eysenck's personality theory consisted of the dimensions psychoticism, neuroticism and extraversion. High psychoticism is signified by: a person being creative, unempathic, aggressive, cold, egocentric, impersonal and impulsive. This trait was found by Eysenck to be more prevalent in highly creative persons. High psychoticism is characterized of over-inclusive thinking or, in other words, a wide associative horizon, which in turn is due to decreased cognitive inhibition. He regarded extreme psychoticism as a trait involved in functional psychoses like in mania or schizophrenia.

New trait models containing five factors have nowadays mostly taken over the scene and Eysenck's Psychoticism has in the five factor model been shown to be divided up into Agreeableness and on Conscientiousness. Yet another of the five factors is Openness to experience, also relevant for creativity.

A three-factor-neuro-anatomical model of creativity

In later years research on creativity with a biological or neuropsychological perspective has amplified, using new methodologies. Different scientists have presented models for functions of the creative brain. One of these is a neuropsychological model which draws from research on brain imaging studies, from drug studies and also from brain lesion studies (Flaherty, 2005). In this model the emphasis is not on interactions between the hemispheres but instead emphasis is on the interactions between the temporal lobes, the frontal lobes, and the limbic

system. In this model, motivational drive is regarded more relevant, given an IQ of about 115 or above, than networks that sub serve a person's skill in the domain.

The temporal lobes generate idea fluency (this is exhibited as a phenomenon called hyper-grafia in lesion studies, when the temporal lobe has become disinhibited by the lesion). A rigid frontal lobe on the other hand may cause too much inhibition of the temporal lobe. It is important with an appropriate balance between frontal and temporal activity, mediated by mutually inhibitory cortico-cortical interaction circuits.

In the model, neocortical skills and knowledge are not enough, but mesolimbic dopamine influences must generate the creative motivational drive and novelty seeking. Important, as Flaherty emphasizes, motivational drive has been found to correlate better than expertise, with creativity. Alice Flaherty finally points out that her model is too simple, and that much needs to be clarified about the importance of other regions.

A model of shared vulnerability

The last model presented here was published very recently. It treats the relationship between creativity and pathology (Carson, 2011). In it Carson proposed different shared vulnerability factors for creativity and psychopathology, as well as certain important factors that can act as either protective or risk factors.

Three shared functions for both creativity and psychopathology were discussed: These are disinhibition (here termed attenuated latent inhibition), novelty seeking, and brain hyperconnectivity. We have already discussed disinhibition in connection with the alpha state.

In addition to the disinhibition tendency, creative people like to seek out complex and novel stimuli. This may be internally rewarded by the dopamine system or, in other words, intrinsically motivated that way. But high scores on novelty seeking have been found in people with both addictive disorders and with bipolar disease. Thus novelty seeking may both constitute an incentive for creative work and, simultaneously, constitute a risk factor for psychopathology.

The third shared factor in Carson's model is neural hyperconnectivity. This means unusual linking between brain areas that are not normally linked. It is considered due to irregularities in synaptic pruning during development. This has been shown in schizophrenics and in their first degree relatives. It has also been noted in people having synesthesia, which means that the individual makes cross-modal associations. For example in synesthesia, when you think of a specific person or a certain name of month there is always a specific color connected to this particular person or month. Synesthesia is much more prevalent in high creative persons versus the general population.

Furthermore, as related by Carson, studies have reported more alpha synchronization both within and across the hemispheres in highly creative compared to low creative during creativity tasks, suggesting unusual patterns of connectivity. Thus hyperconnectivity may be a neural wiring

basis for the ability to come up with new associations between very remote stimuli.

Three factors were discussed by Carson that could act as either protective when positive or be a risk when low: IQ, working memory, and flexibility. In a study of eminent creative achievers, the combination of reduced inhibition and high IQ predicted 30 % of the variance in the creative achievement score.

Working memory is also considered important in this model: "The ability to hold and process a large number of constructs in mind simultaneously without becoming confused or over-whelmed should predispose the individual to creative rather than disordered cognition" (p. 148).

Cognitive flexibility, i. e. the ability to shift one's attention, can allow one to move in and out of altered states of consciousness and allowing one to interpret anomalous psychotic-like experiences in a benign manner, may constitute a protective factor, whereas the opposite, rigidity, is detrimental.

Three mementos

Finally, returning to the paradoxical nature of creativity, illustrated by the fact that *on the one hand* creative people are often highly sensitive to information and get easily stressed. *On the other hand,* to get new ideas they need plenty of access to the day-dreaming low arousal mode in the brain. Therefore it is important that when we want to be creative, we really adapt to this complexity. And I will end with three positive mementos in order for the reader to make your future even more creative!

Memento 1: *find your golden edge!* To try and find something positive however small even in a lousy situation, i.e. to balance up the negativity, will enhance your positive emotions, and they in their turn will lower your cortical arousal and increase alpha activity, and therefore increase creativity in order to solve the situation.

Memento 2: *find your true environment!* The same as in memento 1 can be said about the importance of finding your own best environment, where you can feel as a "fish in the water" (as we say in Sweden).

Memento 3: *always stay a child at heart!* Most importantly, practice regularly to silence your inner verbal critic, in order to keep your curious childish mind, to live in the here and now, and to take in the life in its complexity.

References

Bogen JE, Bogen GM. The other side of the mind III: The corpus callosum and creativity. Bulletin of the Los Angeles Neurological Societies 1969; 34:191-203.

Carlsson I. Lateralization of defence mechanisms in a defence mechanisms paradigm. Scandinavian Journal of Psychology 1989; 30:296-303.

Carlsson I. Lateralization of defence mechanisms related to creative functioning. Scandinavian Journal of Psychology 1990; 31:241-7.

Carlsson I, Wendt PE, Risberg J. On the neurobiology of creativity. Differences in frontal activity between high and low creative subjects. Neuropsychologia 2000; 38:873-85.

Carson SH. Creativity and psychopathology: A shared vulnerability model. Canadian Journal of Psychiatry 2011; 56(3):144-53.

Csikszentmihalyi M. Creativity: flow and the psychology of discovery and invention. New York: Harper Perennials, 1996.

Eysenck H. Genius. The natural history of creativity. Cambridge: Cambridge University Press 1995.

Flaherty AW. Frontotemporal and dopaminergic control of idea generation and creative drive. The Journal of Comparative Neurology 2005; 493:147-53.

Hoppe KD, Kyle NL. Dual brain, creativity and health. Creativity Research Journal 1990; 3:150-7.

Richards R.(Ed.). Everyday creativity and new views of human nature. Washington, DC: American Psychological Association, 2007.

Smith GJW, Johnson G, Almgren P-E, Johanson A. MCT. The meta-contrast technique. Manual. Lund: Department of Psychology, 2002.

Vygotskij L. Fantasi och kreativitet i barndomen (Imagination and creativity in childhood) (original published in 1930). Göteborg: Daidalos, 1995.

Inteligencia y creatividad

Dr. Roberto Colom Marañón

Introducción

La creatividad es un concepto escurridizo. En algunos casos, los científicos lo relacionan con la capacidad intelectual. En otros no.

En 2003, el sociólogo Charles Murray publicó *Human accomplishment,* obra en la que se revisan los logros humanos alcanzados entre el año 800 antes de Cristo y 1950. También se presta una especial atención a las figuras eminentes de la humanidad.

El grado de eminencia de esas figuras se cuantificó siguiendo una serie de criterios en una escala de 0 (mínimo nivel) a 100 (máximo nivel). La medición obtuvo una alta fiabilidad (0,93) y se observó que la distribución de la eminencia, tanto en las ciencias como en las artes, se ajustaba a una curva Lotka, es decir, la mayor parte de las figuras eminentes se agrupaban en las zonas bajas de la distribución, apreciándose un número cada vez menor a medida que nos movemos hacia las zonas altas. Por tanto, alcanzar un cierto grado de eminencia es algo que logran muchos científicos y artistas, pero la verdadera excelencia es realmente escasa. De hecho, mientras que en Occidente se identifican 2.911 figuras eminentes, únicamente 18 alcanzan una puntuación de 100: Galileo, Kepler, Darwin, Aristóteles, Lavoisier, Lyell, Newton, Einstein, Euler, Pasteur, Hipócrates, Koch, Edison, Watt, Beethoven, Mozart, Miguel Ángel y Shakespeare.

Además, Murray señala que la mayor parte de las figuras eminentes se concentran en Europa, y, en concreto, en Alemania, Francia, Inglaterra e Italia. Cuando se pregunta cuáles son los factores que parecen estimular la eminencia, concluye que ni las sociedades más tolerantes ni pacíficas son promotoras. Lo que incentiva el logro es la prosperidad económica y la presencia de universidades de élite. Además, la libertad de acción, la creencia en que la vida tiene un propósito, la autonomía, el individualismo y el cristianismo son, asimismo, factores destacados a la hora de promover la excelencia.

Es interesante observar que cuando se consideran los datos disponibles sobre las estimaciones de capacidad intelectual de estos gigantes de la humanidad, por lo que a la excelencia se refiere, se puede calcular un CI promedio de 180 (la media de la población está en 100), oscilando entre los 200 de Aristóteles y los 165 de Charles Darwin. Téngase en cuenta que por encima de 130 se sitúa el 2% de la población. Este hecho parece concordar con la perspectiva de que la creatividad –las figuras eminentes lo son, sin duda– requiere una altísima capacidad intelectual, aunque cabe suponer que, además, se necesitan otro tipo de factores (Eysenck, 1995).

Hechos sobre la inteligencia

Cinco son los hechos que se pueden destacar, entre otros, sobre la inteligencia hu-

mana: 1) se puede definir, 2) se puede medir, 3) es estable, 4) predice un elevado número de conductas cotidianas, y 5) se puede explorar su sustrato biológico.

La inteligencia se define como "una capacidad mental muy general para razonar, planificar, resolver problemas, pensar de modo abstracto, comprender ideas complejas, y aprender con rapidez" (Gottfredson, 1997).

Basándose en definiciones similares a estas, la psicología ha desarrollado los instrumentos de medida conocidos como test de inteligencia. Según la Asociación Americana de Psicología, los test constituyen el modo de evaluación más preciso de la inteligencia (Neisser *et al.,* 1996). Además, los distintos tipos de test de inteligencia (verbales, numéricos, viso-espaciales, etc.) valoran una misma inteligencia, es decir, esa capacidad mental general *(g)* que se incluyen en la definición.

Cuando se mide la inteligencia con alguna batería de evaluación, como el Wechsler, sobre una muestra que representa a la población, se observa un hecho que sustancia empíricamente la definición de inteligencia: el rendimiento en los distintos test de inteligencia se encuentra fuertemente correlacionado, es decir, las personas evaluadas se ordenan más o menos igual según su mayor o menor rendimiento en los diferentes test, a pesar de sus superficiales diferencias. Aunque puedan identificarse test verbales, perceptivos, de memoria o de velocidad, los individuos de mayor rendimiento en los verbales propenden, generalmente, a presentar también un mayor rendimiento en los perceptivos, de memoria y de velocidad (Colom y Thompson, 2011).

Además, la inteligencia es el factor psicológico que presenta una mayor estabilidad durante el ciclo vital. Es decir, conociendo la inteligencia de un grupo de personas cuando tienen, por ejemplo, 11 años de edad, se puede predecir cómo se ordenarán según su inteligencia 60 años más tarde, en su vejez (Deary *et al.,* 2000).

En contra de lo que a menudo se piensa y se dice, erróneamente, la inteligencia valorada por los test estandarizados predice un elevado número de fenómenos de interés social, como el rendimiento académico y laboral, pasando por la salud –física y mental–, la conducta delictiva o la resistencia a episodios traumáticos (Lubinski, 2004).

Es realmente fácil comprender por qué los test de inteligencia predicen esa elevada serie de fenómenos sociales. Tanto los test de inteligencia como las situaciones cotidianas que predicen, requieren el uso de una misma inteligencia, esa capacidad mental general *(g)* contenida en la definición anterior. Esa capacidad se exige en ambas clases de situaciones. La inteligencia se puede valorar, igual que puede hacerse con la capacidad atlética, a través de una serie de pruebas formales. Si sometemos a una persona a una serie de pruebas deportivas, podremos predecir su estado de forma en la vida cotidiana. Igual sucede con las pruebas contenidas en los test de inteligencia (Colom, 2002, 2011).

La inteligencia evaluada por los test de inteligencia se encuentra influida por factores genéticos y no genéticos. Sin embargo, su contribución es dinámica, cambiando con la edad. Al comienzo de la vida ambos factores ejercen una in-

fluencia similar. Sin embargo, a medida que se va creciendo, los factores genéticos cobran un creciente protagonismo, reduciéndose, lógicamente, la influencia de los no genéticos, especialmente el ambiente familiar. Por tanto, en la edad adulta, son los factores genéticos los principales –aunque no únicos– responsables de las diferencias de inteligencia que se pueden observar (Haworth *et al.,* 2009).

Las diferencias genéticas que nos separan a unos de otros son relevantes para comprender nuestras diferencias intelectuales, pero no constituyen toda la historia que resulta de interés. Thompson *et al.* (2001) compararon las diferencias de microestructura cerebral de personas con distinto grado de parentesco, comprobando que se reducían a medida que aumentaba el parentesco. No obstante, ni siquiera en gemelos idénticos se observó una identidad en esa microestructura. Por tanto, factores de corte no genético deben también operar.

De hecho, el cerebro cambia con la actividad cognitiva, como han demostrado recientemente, por ejemplo, Colom *et al.* (2011) en respuesta a un exigente videojuego. Estos autores observaron que tanto la materia gris como la materia blanca modifican su estructura después de cuatro intensas semanas de práctica con un videojuego basado en la resolución de puzzles de naturaleza abstracta, verbal, numérica y viso-espacial. Concretamente, los cambios resultaron especialmente significativos en regiones de los lóbulos frontales y parietales habitualmente vinculadas a la inteligencia.

El análisis del sustrato biológico de la inteligencia valorada por los test estandarizados ha permitido demostrar que la evidencia disponible a nivel conductual (psicológico) posee un fuerte correlato en el cerebro humano. Karama *et al.* (2011) estudiaron las relaciones de las diferencias de inteligencia con el grosor cortical en una muestra representativa de la población de niños y adolescentes.

La inteligencia verbal y viso-espacial presentaron numerosos correlatos con el grosor cortical. Sin embargo, cuando se eliminó el factor común a ambos tipos de inteligencia *(g)* las correlaciones con el grosor cortical desaparecieron. La variabilidad en el rendimiento verbal y no verbal que no tiene que ver con la capacidad general *(g)* recogida en la definición de inteligencia, no se relaciona con las diferencias de grosor cortical.

Las evidencias obtenidas con pacientes son consistentes con la teoría de que la inteligencia humana se encuentra especialmente asociada a las regiones frontales y parietales (Jung y Haier, 2007; Colom *et al.,* 2009, 2010; Colom y Thompson, 2011). Tanto Gläscher *et al.* (2010) como Barbey *et al.* (en prensa) han encontrado, estudiando a muestras relativamente numerosas de pacientes, que los daños en determinadas regiones frontoparietales, así como sus conexiones, producen un efecto significativo sobre el rendimiento intelectual.

En suma, en efecto, la inteligencia se puede definir, también puede medirse, es altamente estable durante el ciclo vital, se encuentra influida por el genotipo, especialmente en la edad adulta, y su exploración biológica subraya la relevancia de las regiones frontales y parietales del cerebro.

Inteligencia y creatividad

JP. Guilford (1967) es uno de los primeros científicos que estudió formalmente la creatividad. Según su concepción teórica, la creatividad –a la que él denominó producción divergente– formaba parte de la estructura del intelecto humano, junto con la cognición, la memoria, la producción convergente y la valoración. Basándose en su modelo, Guilford desarrolló una serie de pruebas estandarizadas para evaluar la producción divergente, pruebas que han inspirado a una gran parte de los intentos posteriores de medir la creatividad.

En 2005, Kim publicó un metaanálisis sobre las relaciones de la inteligencia con la creatividad, encontrando una correlación de 0,17, significativa estadísticamente pero de tamaño reducido. Según él, por tanto, la relación es demasiado débil como para considerarse relevante en la práctica. Sin embargo, el análisis de Kim (2005) no es particularmente sólido. Como él mismo reconoce, sus evidencias poseen una "escasa generalidad".

En 2011, Nusbaum y Silvia publicaron un artículo en el que cuestionaron la conclusión de Kim (2005), demostrando que la relación de la inteligencia con la creatividad es bastante mayor. Según estos autores, las evidencias previas adolecen de graves problemas a la hora de medir la creatividad. Cuando se corrigen estos problemas, la relación alcanza valores de correlación superiores a 0,4.

¿Por qué debería relacionarse significativamente la inteligencia con la creatividad? Según Nusbaum y Silvia (2011), "el carácter abstracto de las estrategias que promueven la respuesta creativa hace más probable que la gente más inteligente se beneficie más de ellas que la gente menos inteligente".

Esta clase de problemas vinculados a la medida de la creatividad aqueja también, como es natural, a la investigación de su base biológica. En una exhaustiva revisión de 45 estudios de neuroimagen, publicada por Arden *et al.* (2010), se concluye que existe una extraordinaria inconsistencia en los resultados observados. Según su valoración general, se requiere un mayor consenso sobre el mejor modo de medir la conducta creativa, una mejora en las propiedades psicométricas de las medidas estandarizadas de creatividad.

En concreto, Arden *et al.* (2010) sostienen que es necesario responder al menos a siete preguntas:

1. ¿Es general la creatividad?
2. ¿Se puede medir con fiabilidad?
3. ¿Se puede mejorar la validez discriminante de las medidas de creatividad?
4. ¿Se puede mejorar la validez ecológica de las medidas criterio asociadas a la creatividad?
5. ¿Cuál es la etiología de la creatividad?
6. ¿Se puede aumentar el tamaño de las muestras de participantes analizadas?
7. ¿Puede mejorarse la comparación entre los distintos estudios?

Estas preguntas hace tiempo que tienen respuesta en la investigación de la base biológica de la inteligencia, pero no sucede lo mismo en el caso de la creatividad. En tanto no se hallen respuestas mínimamente satisfactorias, puede carecer de sentido seguir invirtiendo esfuerzo en la neurociencia de la creatividad.

En principio, la neuroimagen puede contribuir a responder preguntas como las siguientes:

- ¿Es la creatividad dominio del hemisferio derecho?
- ¿Exige la creatividad una excelente conectividad entre distintas regiones cerebrales?
- ¿Es la persona creativa más eficiente a nivel cerebral?
- ¿Requiere la creatividad situaciones de bajo arousal o escaso control frontal?

Pero, como se ha comentado, responder estas preguntas exige mejorar la calidad psicométrica de las medidas de creatividad. El test desarrollado por el equipo del profesor Javier Corbalán, de la Universidad de Murcia, puede ser un significativo avance en este sentido (Corbalán *et al.,* 2003).

Conclusión

Los científicos han discutido extensamente sobre las relaciones de la inteligencia con la creatividad. Aunque pioneros como Guilford han considerado que la creatividad cae dentro del dominio de la inteligencia, no hay unanimidad (Kim, 2005).

Los estudios formales sobre la creatividad adolecen de graves problemas metodológicos, como han señalado, por ejemplo, Nusbaum y Silvia (2011) o Arden *et al.* (2010). Solucionar estos problemas es fundamental para avanzar, no solamente en la neurociencia de la creatividad.

Nosotros pensamos que la inteligencia es necesaria, pero no suficiente, para alcanzar productos creativos socialmente valorados como tales. No está claro que la creatividad, entendida de esta manera, pueda valorarse con medidas estandarizadas similares a las pruebas de inteligencia. Lo que quizá pueda lograrse es valorar determinados factores que pueden encontrarse asociadas a la creatividad –como la originalidad o la fluidez–, pero de ahí al producto socialmente valorado como creativo media, quizá, un largo camino.

Es en principio posible que con la creatividad suceda algo similar a lo comentado en la introducción con respecto a la verdadera eminencia, a la excelencia. Sobresalir en alguno de los factores asociados a las primeras fases de la creatividad puede no ser preludio, en absoluto, de una futura creatividad en el sentido robusto del término.

Sea como fuere, no tenemos reservas sobre el hecho de que más y mejor investigación logrará darnos, más tarde o más temprano, valiosas respuestas sobre la creatividad, su base biológica y sus relaciones con la inteligencia.

Bibliografía recomendada

Arden R, Chávez RS, Grazioplene R, Jung RE. Neuroimaging creativity: A psychometric view. Behavioural Brain Research 2010; 214:143-56.

Barbey AK, Colom R, Solomon J, Krueger F, Forbes C, Grafman J (In Press). An integrative architecture for general intelligence and executive function revealed by lesion mapping. Brain.

Colom R. En los límites de la inteligencia. ¿Es el ingrediente del éxito en la vida? Madrid: Pirámide, 2002.

Colom R. Psicología de las diferencias individuales. Teoría y práctica. Madrid: Pirámide, 2011.

Colom R, Haier RJ, Head K, Álvarez-Linera J, Quiroga M.ª A, Shih PC, Jung RE. Gray matter correlates of fluid, crystallized, and spatial intelligence: Testing the P-FIT model. Intelligence 2009; 37:124-35.

Colom R, Karama S, Jung RE, Haier RJ. Human intelligence and brain networks. Dialogues in Clinical Neuroscience 2010; 12:489-501.

Colom R, Quiroga M.ª A, Burgaleta M, y cols. (2011, Under Review). Changes in gray and white matter after videogame practice.

Colom R, Thompson PM. Understanding Human Intelligence by Imaging the Brain. In Chamorro-Premuzic T, Von Stumm S & Furnham A. (Eds.), Handbook of individual differences. London: Wiley-Blackwell, 2011.

Corbalán FJ, Martínez F, Donolo D, Tejerina M, Limiñana RM. CREA. Inteligencia Creativa. Una medida cognitiva de la creatividad. Madrid: TEA Ediciones, 2003.

Deary IJ, Whalley LJ, Lemmon H, Crawford JR, Starr JM. The stability of individual differences in mental ability from childhood to old age: follow-up of the 1932 Scottish Mental Survey. Intelligence 2000; 28:49-55.

Eysenck HJ. Genius. The natural history of creativity. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

Gläscher J, Rudrauf D, Colom R, y cols. The distributed neural system for general intelligence revealed by lesion mapping. PNAS 2010; 107(10):4.705-9.

Gottfredson L. Grandes acuerdos de los científicos sobre la inteligencia. En Andrés Pueyo A y Colom R (comps., 1998): Ciencia y política de la inteligencia en la sociedad moderna. Madrid: Biblioteca Nueva, 1997.

Guilford JP. La naturaleza de la inteligencia humana. Barcelona: Paidós, 1967-1986.

Haworth CMA, et al. The heritability of general cognitive ability increases linearly from childhood to young adulthood. Molecular Psychiatry 2009; 1-9.

Jung RE, Haier RJ. The parieto-frontal integration theory (P-FIT) of intelligence: Converging neuroimaging evidence. Behavioral & Brain Sciences 2007; 30:135-87.

Karama S, Colom R, Johnson W, Deary IJ, Haier RJ, Waber DP, Lepage C, Ganjavi H, Jung R, Evans AC. The Brain Development Cooperative Group. Cortical thickness correlates of cognitive performance accounted for by the general factor of intelligence in health children aged 6 to 18. NeuroImage 2001; 55: 1.443-53.

Kim KH. Can only intelligent people be creative? A meta-analysis. The Journal of Secondary Gifted Education 2005; XVI(2/3):57-66.

Lubinski D. Introduction to the special section on cognitive abilities: 100 years after Spearman's (1904) General Intelligence, Objectively Determined and Measured. Journal of Personality and Social Psychology 2004; 86(1):96-111.

Murray C. Human accomplishment. The pursuit of excellence in the arts and sciences, 800 B.C. to 1950. New York: Harper, 2003.

Neisser U, Boodoo G, Bouchard T, y cols. Inteligencia: lo que sabemos y lo que desconocemos. En Andrés Pueyo A y Colom R (comps., 1998): Ciencia y política de la inteligencia en la sociedad moderna. Madrid: Biblioteca Nueva, 1996.

Nusbaum EC, Silvia PJ. Are intelligence and creativity really so different? Fluid intelligence, executive processes, and strategy use in divergent thinking. Intelligence 2011; 39:36-45.

Thompson PM, Cannon TD, Narr KL, et al. Genetic influences on brain structure. Nature Neuroscience 2001; 4:1.253-8.

What we know about creativity from the neuroscience perspective

Dr. Andreas Fink

It is commonly believed that the ability to think creatively is advantageous in a variety of areas of our everyday life and many people may thus agree with Simonton (2000) that creativity is "… a good attribute for people to possess…" (p. 151). Creativity, which is defined as the ability to produce work that is novel (original, unique), useful and generative (e.g., Sternberg & Lubart, 1996) appears to be crucial in culture, science and education as well as in the economical or industrial domain. People at work are required to produce novel and innovative ideas. Pedagogues and teachers instruct their students to produce creative work or achievements. Similarly, in constructing buildings, furnishing work places or homes, or even in creating our outfit (e.g., clothes or hairstyle) we rely on creativity-related skills. However, even though the striking role of creativity in these areas appears to be out of debate, its scientific understanding lags behind. In fact, creativity has (unlike intelligence) long been viewed as an unsearchable trait and empirical studies on this topic were extremely scarce. In 1950 Guilford's seminal address at the American Psychological Association (APA) has brought about a rebound in this research field. His most influential contribution to this research field was presumably in a conceptual as well as in a psychometrical sense, inasmuch as he specified several characteristics of creative people that can also be measured by means of psychometric tests. According to Guilford (1950), creative people might be characterized by ideational fluency (i.e., large quantity of ideas), novelty (or uniqueness/originality) of ideas, or the ability to think flexibly (i.e., the ability to produce different types of ideas). Stimulated by Guilford's work many creativity measures have been developed and empirically tested, among the most prominent being Mednick's Remote Associates Test (RAT; Mednick, 1962), the Torrance Tests of Creative Thinking (TTCT; Torrance, 1966) or the divergent production test by Guilford (1967). The availability of creativity measures has in turn stimulated scientific research activities in several scientific disciplines and, in the meanwhile, creativity has been addressed from a variety of perspectives: It has, for instance, been studied in the cognitive sciences (Ward, 2007), in pedagogy or in the educational domain (Sawyer, 2006) and most recently also in the field of neurosciences (e.g., Bowden & Jung-Beeman, 2007; Dietrich, 2004; Fink *et al.,* 2007; Kounios *et al.,* 2006). In this talk it is attempted to show how neuroscientific methods can improve our understanding of this extremely important research topic that has been neglected for a relatively long period of time. Together with cognitive sciences (e.g., Ward, 2007), psychometric approaches (e.g., Plucker & Renzulli, 1999) and research on insightful problem solving (Jung-

Beeman *et al.,* 2004), neuroscientific studies have –as is nicely illustrated in Bowden *et al.,* (2005)– contributed to demystify insightful (i.e., the "AHA" experience; cf. Bowden *et al.,* 2005; Jung-Beeman *et al.,* 2004) or creative problem solving that has long been grounded solely on anecdotal reports.

Definitions and key characteristics of creativity

As briefly mentioned above, Guilford's (1950) characterization of creative people in his presidential address at the American Psychological Association has been very influential in this field and has stimulated various research activities in this nascent field. Guilford characterized creative people amongst other things as exhibiting a high sensitivity to problems. While some people see that problems exist or see that a situation must be improved or made more effective, others do not. Also, ideational fluency or the ability to produce a large number of ideas within a certain period of time could be considered as an important characteristic of creative people. Creative people are also more likely to reorganize or to redefine an existing problem. In addition, originality and the ability to produce a wide range of different types of ideas (i.e., flexibility of thinking) are important ingredients of creativity. Finally, Guilford also refers to processes such as evaluation or the judgment of the usefulness/appropriateness of the creative product/ creative idea as being essential components of creativity.

Meanwhile, relevant empirical studies in the field of creativity have reliably identified a stable set of core characteristics as being of particular relevance in highly creative individuals. According to current models in this field, creativity is known as being closely related to intrinsic motivation (Collins & Amabile, 1999). Intrinsic motivation is conceptualized as the motivation of a person to engage in a certain activity for its own sake, because he or she perceives the activity as interesting, satisfying or challenging (Collins & Amabile, 1999, p. 299). Creativity is also believed to be a function of relevant domain-specific knowledge or the level of expertise in a certain area (Simonton, 2000; Ward, 2007). Relevant research moreover suggests that creativity is associated with intelligence and with certain personality traits. Research on personality correlates of creativity has been carried out in many different domains. For instance, in one of the first studies in this field, MacKinnon (1965) focused on personality characteristics in architects of varying levels of creativity. MacKinnon's work has stimulated much research in this area and in the meanwhile relevant studies in this field have provided evidence of a relatively stable set of core dimensions as being characteristic for highly creative individuals. Among the most important ones are "high valuation of aesthetic qualities in experience, broad interests, attraction to complexity, high energy, independence of judgment, autonomy, intuition, self-confidence, ability to resolve antinomies or to accommodate apparently opposite or conflicting traits in one's self concept, and finally, a firm sense of self as 'creative'" (Barron & Harrington, 1981, p. 453).

Within the artistic creativity domain, highly creative individuals such as artists

or dancers have been characterized amongst others as being more creative, introverted, comparatively high on emotionality or neuroticism, more open to experiences and strongly achievement- or performance-oriented (e.g. Alter, 1984; Bakker, 1991; Haller, 2010; Marchant-Haycox & Wilson, 1992; Rubinstein & Strul, 2006). Similarly, in Feist's (1998) comprehensive meta-analytic review of literature on personality in scientific and artistic creativity, creative people are "… regardless of which measure or taxonomy was used to assess personality and creativity … more autonomous, introverted, open to experiences, norm-doubting, self-confident, self-accepting, driven, ambitious, dominant, hostile, and impulsive" (p. 299).

In this context, it also appears worthy to note that there are many illustrative examples of eminent creative people who suffer (ed) from serious mental disorders leading some authors to conclude that "… madness may be the price for possessing one of the most sublime human gifts" (Barrantes-Vidal, 2004, p. 59). Such illustrative examples have experienced some support by scientific-empirical reports. The current scientific understanding of the relationship between creativity and "madness" converges in the view that only mild forms of psychopathology (such as soft manifestations of schizophrenia; cf. Barrantes-Vidal, 2004) are related to a heightened level of creativity. Relevant studies in this field consistently reveal evidence that schizophrenics perform worse than healthy controls in a broad range of different creativity-related tasks (Abraham *et al.,* 2007; Rubinstein, 2008; Weiss *et al.,* 2004, 2006) but, however, the presence of some features of schizophrenia (e.g. positive symptoms such as unusual perceptual experiences or magical beliefs) are associated with higher levels of creativity (e.g. Nelson & Rawlings, 2010; see also Claridge & Blakey, 2009).

In order to provide an explanation for the presumed link between creativity and psychopathology it has been assumed that both variables share some common mental processes such as reduced cognitive inhibition, flat associative gradients or reduced latent inhibition, which refers to the capacity of the brain to screen events that were previously experienced as irrelevant from conscious awareness (see e.g. Carson *et al.,* 2003; Eysenck, 1995; Keefe & Magaro, 1980; Martindale, 1999; Nelson & Rawlings, 2010). Such mental processes or characteristics of thinking may be prevalent in psychotic-prone individuals as well. Eysenck (1995) for instance referred to concepts such as "overinclusiveness" of thinking or "allusive" thinking as being characteristic for both psychotic-prone and creative people. Such concepts originate in the idea of broader and more flexible associative networks in both psychotic (mainly schizophrenic) and creative individuals. Accordingly, both psychotic-prone and creative individuals are supposed to include much more stimuli or categories in their mental processes than less creative people do which could be also seen as some kind of breakdown of filter mechanisms (which are responsible for inhibiting irrelevant stimuli in order to facilitate efficient information processing; cf. Eysenck, 1995).

In a recent study of our laboratory we investigated the relationship between creativity, personality, latent inhibition (LI) and

psychopathology (Fink *et al.,* 2011b). For this purpose, a creative sample of actors (*n* = 17), two clinical samples of participants (13 alcohol and 18 poly drug dependents), and a group of university students (control group, *n* = 21) were compared with respect to psychometrically determined creativity, personality and LI. The results suggest that the group of actors and the clinical sample of poly drug dependents can be characterized a) by high scores in the personality dimension psychoticism, b) high originality during creative idea generation (Alternative Uses task), and c) decreased latent inhibition as compared with the other groups. On the basis of these findings, we may conclude that some personality and cognitive traits may be quite similar between creative people and people suffering from (mild forms of) mental disorders, among the most important ones are the personality dimension psychoticisim and the cognitive inhibitory mechanism latent inhibition. Accordingly, highly creative individuals and people suffering from mental illness "appear to be characterized in part by the ability to perceive and describe what remains hidden from the view of others" (Carson *et al.,* 2003, p. 499). Though the reported findings certainly await replication in more powerful samples of participants they may nevertheless be helpful in stimulating the generation of new hypotheses in this field.

Potential brain mechanisms underlying creativity

In evaluating scientific literature in the field of creativity, it is striking that compared with other scientific topics such as intelligence there is only a comparatively low number of studies which focused on creativity, and in particular on neuronal correlates of creativity. This might be due to at least two important problems. Perhaps the most important one could be presumed in the fact that creativity is not easy to measure (as compared with other mental ability constructs such as intelligence). Also, participants need to be creative in an EEG cabin or lying supine in the noisy fMRI scanner. This is the reason why studies in this field are needed to decompose the complex construct of creativity into comparatively simple type of tasks or processes that resemble "real-life" creative achievements to the best possible extent.

In our EEG studies on creativity we measure brain activity while participants work on different, comparatively simple creative idea generation tasks (for overview see Fink *et al.,* 2007). Specifically, participants are presented verbal problems such as *"A light in the darkness"* and they are instructed to produce as many and as original solutions to this situation as possible. In the utopian situations task participants are instructed to put themselves in a given situation such as *"Imagine there were a creeping plant rising up to the sky. What would await you at the end of the plant?"* They are required to produce as original ideas to this task as possible. And in the classic Alternative Uses (AU) task, participants have to name original uses of conventional, everyday objects. In all of these tasks, participants are instructed to generate as creative and as original responses as possible and task performance is quantified by means of ideational fluency, flexibility and originality. Fluency refers to the ability to produce a large

number of ideas within a certain period of time. Flexibility is the ability to produce a broad range of ideas or different types of ideas. And originality refers to the degree of novelty of ideas which we measure by means of external ratings.

How is creative idea generation reflected at the level of EEG brain activity? Or in other words, which EEG brain correlates are associated with the generation of original ideas? Two findings appear to be especially worthy to note in this context: First, creative idea generation has been observed to be generally associated with a comparatively strong level of alpha activity in frontal regions of the brain (Fink & Neubauer, 2006). And second, higher original (as opposed to less original) ideas were associated with stronger alpha activity in centroparietal and (to some minor extent also in anteriofrontal) regions of the brain (Fink & Neubauer, 2006).

The prominent role of posterior parietal brain regions in creative idea generation becomes most apparent when people of varying creativity level are compared with each other (see Fink *et al.,* 2009a). Based on the originality of ideas participants gave during performance of the classic alternative uses test, which is known as a fairly good measure of creativity, the total sample of participants was divided into a lower originality and into a higher originality group. As can be seen in this Figure, in those participants, who produced higher original ideas a comparatively strong hemispheric asymmetry with more alpha activity in the right than in the left hemisphere was observed, while in those participants who produced less original ideas no hemispheric differences with respect to alpha activity were found (cf. Fink *et al.,* 2009a).

The findings reported so far may reveal some important insights into potential brain correlates of creativity but one might also criticize that the observed findings are of limited relevance, especially in view of the fact that we have analyzed brain states of creativity only during performance of comparatively simple tasks; in addition, in most studies university students were tested. In another study of our lab (Fink *et al.,* 2009b) we investigated brain activity in a more creativity-related domain or during the performance of more complex, creativity-related tasks. Specifically, we investigated EEG alpha activity in professional dancers who had a high level of expertise in ballet or modern dance. This group was compared with a group of beginners who had only basic experience in dancing and completed no comprehensive training in this domain.

The EEG was recorded during the performance of two different dance imagination tasks which considerably differed with respect to their creativity-related demands. In the dance improvisation task, participants were instructed to imagine a dance which should be as unique, original or creative as possible. Participants were instructed to let their minds free wander and to think of possible dances no one else would think of. Unlike this, in the task with lower creativity-related demands participants were asked to imagine dancing the waltz, a common standard dance which involves a sequence of monotonous steps or movements. Participants were required to do only the basic steps of the waltz, they were not allowed to perform any other variations. In addition,

brain activity was also measured during performance of the classic Alternative Uses test.

The Fink *et al.* (2009b) study revealed no significant group differences in brain activity during performance of the waltz task, but both groups showed significantly different patterns of alpha activity during performance of the dance improvisation task. As shown in this Figure, the group of beginners can be characterized by a comparatively weak and topographically less clear pattern of alpha activity. The group of professional dancers, in contrast, exhibited a topographically much more distinct pattern of alpha activity with a comparatively strong level of alpha activity in parietal and occipital regions of the brain. In addition, we also observed significant group differences in brain activity during performance of the classic Alternative Uses task. Specifically, professional dancers showed stronger alpha activity in posterior (i.e. centroparietal, parietotemporal and parietooccipital) brain regions than the group of novices did. Professional dancers generally showed a diffuse and topographically widespread pattern of alpha synchronization, while in the group of novices alpha synchronization is considerably higher in frontal than in posterior brain areas (Fink *et al.,* 2009b).

Now we are also interested to see how the observed EEG findings are related to creative brain states observed with functional magnetic resonance imaging (fMRI). As shown in a recent review by Arden and co-workers (2010), relevant studies in this field reveal evidence that prefrontal regions seem to have a special role in creativity. This does not seem surprising in view of the fact that frontal brain regions are involved in a variety of processes such as attention or working memory that might also play an important role in creative cognition (Arden *et al.,* 2010; Dietrich, 2004; Dietrich & Kanso, 2010). But the findings of the reviewed studies appear to be very difficult to interpret, because the studies used quite different experimental tasks which were associated with activations in quite different regions of the prefrontal cortex.

In a recent fMRI study of our lab (Fink *et al.,* 2010), we –as we did in our EEG studies– employed the classic Alternative Uses task in which participants were instructed to name original uses of conventional everyday objects such as *"tin", "pen"* or an *"umbrella".* In another condition they had to name typical attributes of conventional objects (such as *"shoes"* or a *"coat hook").* Perhaps the most important finding of this study was that the generation of alternative uses was associated with comparatively strong deactivations of right parietal brain regions, especially in the right angular gyrus (Fink *et al.,* 2010).

Taken together, existing fMRI findings in this field indicate that creative cognition is associated with activation in a widespread neural network of frontal and parietal brain regions which are known as important components of processes such as attention, working memory and semantic information processing (for review see Arden *et al.,* 2010; Dietrich & Kanso, 2010). Most of the studies in this field report activation in prefrontal brain regions. As already mentioned, this finding does not seem surprising in view of the fact that frontal brain regions are involved in

a variety of processes such as attention or working memory that might also play an important role in creative cognition. Even more interesting is the finding that creative cognition appears to be associated with deactivations in (right) temporo-parietal brain regions. Such findings have been observed during musical improvisation (Berkowitz & Ansari, 2010), during creative idea generation (Fink *et al.,* 2009a) and creative story generation (Howard-Jones *et al.,* 2005), likewise during designing new pens (Kowatari *et al.,* 2009). Though the observed deactivations in right temporo-parietal brain regions remain difficult to interpret, there may be at least three different possible explanations. First, deactivation of parietal brain regions, especially deactivation of the angular gyrus –which has a specific role in arithmetic fact retrieval– could be indicative of some kind of inhibition of retrieval of prevalent, automatically activated knowledge from memory in order to facilitate the generation of novel, original ideas. Second, regions of the parietal cortex are associated with the allocation of attentional resources to memory retrieval, which may be important in creative cognition (cf. Cabeza *et al.,* 2008). And third, suppressed activity in right temporo-parietal brain regions might be also indicative of a more focused state of internal attention that is less likely disturbed by interfering, task-irrelevant stimuli (cf. Corbetta *et al.,* 2008).

Can creative thinking be trained effectively?

Given the immanence of creativity in several areas of our everyday life (e.g., in education, pedagogy, science, industry etc.), research in this field has also addressed the question as to how creativity-related skills can be improved effectively. This has been realized from different perspectives: Krampen (1997), for instance, reports evidence that systematic relaxation exercises were effective in enhancing creative cognition in children and in elderly people. Similarly, So and Orme-Johnson (2001) observed beneficial effects of transcendental meditation techniques on cognition (including creativity) in adolescent school children. From a more cognitive perspective, there are also techniques which aim at improving creativity-related skills by providing specific problem solving strategies or by activating existing knowledge (see Hany, 2001). In addition to this, neuroscientific studies in this research field also suggest that positive affect or humor might be favorable in the generation of novel, creative ideas. Positive affect is usually induced by giving small, unanticipated gifts to participants or by requesting them to watch funny cartoons or films. Highly relevant literature in this field of research (Ashby *et al.,* 1999) suggests that positive affect has a beneficial influence on cognition and creative problem solving (e.g., cognitive flexibility, verbal fluency, flexibility in thinking, breadth of attentional selection etc. cf. Ashby *et al.,* 1999; Rowe *et al.,* 2007). This effect has been explained by referring to increased dopamine levels of the brain (i.e., stimulation of the reward centers of the brain). Recent neuroimaging studies support this view. For instance, in using fMRI, Mobbs *et al.* (2003) recently report evidence that humor in response to funny cartoons appears to modulate (along with regions of the cerebral cortex) sub-cortical

brain regions that are associated with the dopaminergic reward centers of the brain (such as the ventral tegmental area or the nucleus accumbens; cf. Mobbs *et al.,* 2003). The effects of humor (typically induced by funny movies, pictures or cartoons) and the comprehension of puns or jokes are also seen in close relation to brain activity in the right hemisphere (Coulson & Williams, 2005) which likewise plays a crucial role in creative thinking (Bowden *et al.,* 2005; Jung-Beeman, 2005).

The findings briefly reported so far provide some evidence that creativity (or in a broader sense cognition, respectively) can be improved by positive affect or techniques such as transcendental meditation or relaxation exercises. However, the vast majority of training procedures that are reported in relevant literature were designed to improve the ability to think divergently (i.e., the ability to produce a broad range of different ideas to a given stimulus). Scott *et al.* (2004a) recently report a meta-analysis (including 70 studies) on the efficacy of such trainings and observed an overall effect size of Cohen's $\Delta = 0.64$ (cf. also Hany, 2001; Lipsey & Wilson, 1993; Rose & Lin, 1984). Additional analyses (Scott *et al.,* 2004b) revealed that more cognitive oriented training procedures proved to be particularly effective, whereas other commonly applied techniques such as imagery training turned out to be less effective. Relevant literature in this field of research also suggests that creative cognition might be improved by means of cognitive stimulation (e.g., Dugosh *et al.,* 2000). This could be realized, for instance, by means of divergent thinking exercises (Coskun, 2005). In addition to this, there is also highly relevant empirical evidence that when people are confronted with ideas of others, individual creative achievement increases. In this context, Dugosh and Paulus (2005; cf. also Dugosh *et al.,* 2000) report exciting empirical findings whereupon the number of generated unique ideas may be enhanced through the exposure of ideas (provided that the individuals actively attend to the presented ideas; cf. also Paulus & Yang, 2000).

In recent studies of our laboratory (Fink *et al.,* 2010, 2011a) we addressed the research question as to how creative idea generation can be improved effectively by means of short-term creativity interventions and whether any training effects are also reflected at the level of the brain. Participants were instructed to generate creative ideas to given verbal problems and they were cognitively stimulated via the exposure to ideas produced by other people. As it is the case in classic group-based brainstorming techniques (Osborn, 1957), each single idea or solution a person generates to a specific problem may stimulate new ideas or solutions in others. As mentioned above, relevant literature from the behavioral or cognitive creativity research tradition suggests that creative performance increases as a result of such idea sharing or idea exchange processes (Dugosh *et al.,* 2000; Dugosh & Paulus, 2005; Paulus & Brown, 2007; Paulus & Nijstad, 2003). The Fink *et al.* (2011a) study was specifically designed to investigate the neurophysiological effects of cognitive stimulation on creative idea generation by stimulating participants with ideas of varying originality. Participants were requested to generate alternative uses of conventional everyday

objects (AU task) subsequent to a short cognitive stimulation intervention in which they were confronted with ideas of other people, as they were obtained in a pre-experimental pilot study. Similarly to Dugosh and Paulus (2005) we stimulated our participants by common or moderately creative *(STIM common)* and highly original ideas *(STIM original).* In a control condition meaningless pseudowords were shown. In each experimental condition, participants had to respond as creatively and as originally as possible to the presented stimulus words. On the basis of existing behavioral research (e.g., Dugosh & Paulus, 2005) we expect better performance when participants are cognitively stimulated via the exposure to other people's ideas (as opposed to the exposure to pseudowords). And more importantly, these performance increases should be also reflected in changes of functional patterns of brain activity. Based on the findings reported in Fink *et al.* (2009a, 2010), we might assume temporo-parietal brain regions (primarily in the right hemisphere) as being particularly sensitive to cognitive stimulation.

The results of this study suggest that only cognitive stimulation via common or moderately creative ideas (and not via highly original ideas) was effective in improving creativity. Dugosh and Paulus (2005) also report evidence that shared or common information may have a greater associative strength. According to the authors, common ideas are often accompanied by positive affective reactions and are (as opposed to unique information) more likely to be discussed and remembered, thereby increasing their associative strength (cf. Dugosh & Paulus, 2005, p. 319). In a similar vein, Paulus and Brown (2007) refer to behavioral findings whereupon the exposure to other people's ideas may also have distracting or inhibiting effects on the generation of ideas (cf. also Nijstad & Stroebe, 2006). For instance, when a person is exposed to an idea to which she or he knows little about, or to an idea that has no relation to the semantic network of this person (as it was possibly the case in the *STIM original* condition), idea generation would be less effective.

And more importantly, effects of cognitive stimulation were also apparent at the level of the brain. As the findings of the Fink *et al.* (2011a) study suggest, temporo-parietal brain regions (primarily right-hemispheric) appear to be particularly sensitive to cognitive stimulation. Specifically, when *STIM Common* and the control condition are contrasted to each other, we observed activation in the left superior frontal gyrus and in the left middle temporal gyrus. The picture was completely different in the right hemisphere. Here the STIM common condition was associated with less activation in superior parietal brain regions and in the inferior temporal lobe. The findings may indicate that cognitive stimulation via relevant memory cues results in a state of heightened focused attention to memory that facilitates efficient retrieval and recombination of existing knowledge.

Concluding remarks

Neuroscientific studies on creative cognition have revealed valuable insights into potential brain mechanisms underlying different facets of creative cognition. For instance, research has shown that brain ac-

tivity in response to more divergent or creativity-related tasks (such as responding creatively to hypothetical or utopian situations) differ from brain activity patterns during the performance of more convergent or intelligence-related tasks (such as completing given word ends or mental arithmetic; Fink *et al.,* 2006, 2007; Goel & Vartanian, 2005; Jaušovec & Jaušovec, 2000; Mölle *et al.,* 1999; Razumnikova, 2000). Studies on creative cognition have also yielded evidence that brain states accompanying highly original ideas differ from those observed during the production of less original, conventional ideas (as determined by external or subjective ratings; Fink & Neubauer, 2006; Grabner *et al.,* 2007; cf. also research on the subjective experience of "AHA!", Jung-Beeman *et al.,* 2004). From an individual differences perspective we could –in continuation to our work on neural efficiency (Neubauer *et al.,* 2002, 2005)– also demonstrate that the production of original ideas seems to be moderated by participants' sex and intelligence level (Fink & Neubauer, 2006) and by individual differences in the personality dimension extraversion-introversion (Fink & Neubauer, 2008). Finally, research in this field also suggests that creative cognition can be improved effectively by means of computerized divergent thinking exercises (Benedek *et al.,* 2006) or via the exposure to other people's ideas (Fink *et al.,* 2010, 2011a). Most interestingly, performance increases were also apparent at the level of the brain (Fink *et al.,* 2006; 2010, 2011a).

It appears to be worthy to note that EEG activity in the alpha frequency band has proven to be fairly sensitive to creativity-related demands in a series of studies. Specifically, on the basis of existing evidence on the relationship between EEG alpha activity and creative cognition it can be concluded that EEG alpha activity varies as a function of the creative demands of a task (the more creative a task the higher the level of alpha activity; Fink *et al.,* 2007), as a function of originality (higher originality is accompanied by more alpha; Fink & Neubauer, 2006; Grabner *et al.,* 2007) or subjective experience of insight (more alpha in insight vs. non-insight solutions; Jung-Beeman *et al.,* 2004) and as a function of an individuals' creativity level (more alpha in higher creative individuals; Fink *et al.,* 2009a; Jaušovec, 2000; Martindale & Hines, 1975). Alpha synchronization has traditionally been considered as a functional correlate of cortical idling, presumably reflecting a reduced state of active information processing in the underlying neuronal networks (Pfurtscheller *et al.,* 1996). However, in the meanwhile more and more studies suggest that synchronization of alpha activity does not merely reflect cortical deactivation or cortical idling (a highly readable review on this topic is given in Klimesch *et al.,* 2007). In fact, alpha synchronization appears to be especially relevant during internal processing demands, for instance when participants are required to hold information temporarily in mind; see Sauseng *et al.,* 2005). Along these lines, the diffuse and topographically less clear pattern of alpha synchronization in posterior parietal brain regions, which we have repeatedly observed in our studies on creative cognition (e.g., Fink *et al.,* 2007, 2009a,b), could reflect the absence of stimulus-driven, external bottom-up stimu-

lation and, thus, a form of top-down activity (cf. von Stein & Sarnthein, 2000) or a state of heightened internal attention facilitating the (re-)combination of semantic information that is normally distantly related.

Though the findings summarized in this chapter may uncover some brain correlates underlying creative cognition, some important issues are still unresolved. First and foremost, the employed creativity tasks used in neuroscientific studies on creative cognition are essentially basic types of tasks, which had to be modified in order to be reasonably applicable in EEG or fMRI measurements. In this particular context it can be argued that the employed tasks are too simple in order to be generalizable to "real-life" creative achievements. The difficulty of operationalizing creativity in neuroscientific studies of creative cognition is additionally complicated by the fact that participants (unlike to their natural environment) are required to be creative while they are mounted with an electrode cap sitting in a shielded EEG cabin or lying supine in the fMRI scanner. Thus, future neuroscientific research on creativity may not only be challenged by the investigation of brain activity in tasks with valid psychometric properties (Arden *et al.,* 2010), but also in more complex, ecologically valid "real-life" creativity tasks. Promising examples for this exciting new research line are, just to illustrate the possible range of thinkable future directions, the studies of Berkowitz and Ansari (2010), Bhattacharya and Petsche (2005) or Kowatari *et al.,* (2009), who extended neuroscientific research to the domain of artistic creativity including the study of brain activity during musical improvisation, visual art or designing new pens, respectively (for a recent EEG study on dance improvisation see Fink *et al.,* 2009b). On the other hand, however, it has also been argued that the employed tasks might be too complex, and thus do not allow to link the evidence with single definable neurocognitive processes (e.g., Dietrich & Kanso, 2010). That is, the neuroscientific research on creativity might also benefit from the employment of simpler tasks and paradigms, which can more easily be related to well-established concepts of cognitive neuroscience such as attention, memory, or cognitive control. This approach would thus not make the attempt to study creativity as a unitary construct, but to study relevant aspects of it, thereby trying to promote neurocognitive theories of creativity.

Perhaps the most important benefit of the summarized research on creative cognition is that it may also entail some relevant practical implications. The work presented in this chapter does not only reveal some valuable brain correlates underlying creative cognition, it moreover suggests that at least some facets of creative cognition can be trained or stimulated effectively und that the effects of such interventions are also observable at the level of the brain. This could be viewed as a highly promising objective in the field of cognition inasmuch as relevant research does not only focus on describing the status quo of an individual in a particular variable of interest (such as intelligence or creativity) but also adopts a dynamic view of cognition that incorporates the crucial importance of learning or training in the course of expertise acquisition in a particular cognitive domain. Meanwhile, neuroscientific studies have accumulated a

large body of empirical evidence substantiating this view. For instance, research has revealed that training of reasoning (Neubauer *et al.,* 2004), mental arithmetic (Ischebeck *et al.,* 2006), creative cognition (Fink *et al.,* 2006) or the treatment of orthographic spelling in dyslexic children (Richards *et al.,* 2006; Weiss *et al.,* 2010) is accompanied by specific changes in activity patterns of the brain (for training-induced changes of structural parameters of the brain see e.g. Maguire *et al.,* 2000; Mechelli *et al.,* 2004; Münte *et al.,* 2002).

The enhancement of creativity-related skills may be a fruitful avenue also for future research. Progress in the scientific understanding of how creative cognition can be enhanced also involves important practical implications, particularly for the pedagogical or educational domain. In the light of the view that the "plastic" brain is sensitive to environmental stimulation [cf. Garlick, 2002; see also Münte *et al.* (2002) report on "the musician's brain as a model of neuroplasticity"], we are all –practitioner and scientists– challenged to attend to the question in which way the cognitive capacities of an individual can be realized to the best possible extent.

References

Abraham A, Windmann S, McKenna P, Güntürkün O. Creative thinking in schizophrenia: The role of executive dysfunction and symptom severity. Cognitive Neuropsychiatry 2007; 12:235-58.

Alter JB. Creativity profile of university and conservatory dance students. Journal of Personality Assessment 1984; 48:153-8.

Arden R, Chávez RS, Grazioplene R, Jung RE. Neuroimaging creativity: a psychometric view. Behav Brain Res 2010; 214:143-56.

Ashby FG, Isen AM, Turken AU. A neuropsychological theory of positive affect and its influence on cognition. Psychological Review 1999; 106:529-50.

Bakker FC. Development of personality in dancers: A longitudinal study. Personality and Individual Differences 1991; 12:671-81.

Barrantes-Vidal N. Creativity and madness revisited from current psychological perspectives. Journal of Consciousness Studies 2004; 11:58-78.

Benedek M, Fink A, Neubauer AC. Enhancement of ideational fluency by means of computer-based training. Creativity Research Journal 2006; 18:317-28.

Berkowitz AL, Ansari D. Expertise-related deactivation of the right temporoparietal junction during musical improvisation. NeuroImage 2010; 49:712-9.

Bhattacharya J, Petsche H. Drawing on mind's canvas: differences in cortical integration patterns between artists and non-artists. Human Brain Mapping 2005; 26:1-14.

Borkenau P, Ostendorf F. NEO-Fünf-Faktoren Inventar (NEO-FFI) nach Costa und McCrae. Göttingen: Hogrefe, 1993.

Bowden EM, Jung-Beeman M. Methods for investigating the neural components of insight. Methods 2007; 42:87-99.

Bowden EM, Jung-Beeman M, Fleck J, Kounios J. New approaches to demystifying insight. Trends in Cognitive Sciences 2005; 9:322-8.

Cabeza R, Ciaramelli E, Olson IR, Moscovitch M. The parietal cortex and episodic memory: an attentional account. Nat Rev Neurosci 2008; 9:613-25.

Carlsson I, Wendt PE, Risberg J. On the neurobiology of creativity. Differences in frontal activity between high and low creative subjects. Neuropsychologia 2000; 38:873-85.

Carson SH, Peterson JB, Higgins DM. Decreased latent inhibition is associated with increased creative achievement in high-functioning individuals. Journal of Personality and Social Psychology 2003; 85:499-506.

Claridge G, Blakey S. Schizotypy and affective temperament: relationships with divergent thinking and creativity styles. Personality and Individual Differences 2009; 46:820-6.

Collins MA, Amabile TM. Motivation and Creativity. In R.J. Sternberg (Ed.), Handbook of creativity. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1999; 297-312.

Corbetta M, Patel G, Shulman GL. The reorienting system of the human brain: from environment to theory of mind. Neuron 2008; 58:306-24.

Coskun H. Cognitive stimulation with convergent and divergent thinking exercises in brainwriting: incubation, sequence priming, and group context. Small Group Research 2005; 36:466-98.

Coulson S, Williams S. Hemispheric asymmetries and joke comprehension. Neuropsychologia 2005; 43:128-41.

Dietrich A, Kanso R. A review of EEG, ERP, and neuroimaging studies of creativity and insight. Psychol Bull 2010; 136:822-48.

Dietrich A. The cognitive neuroscience of creativity. Psychonomic Bulletin & Review 2004; 11:1.011-26.

Dugosh KL, Paulus PB. Cognitive and social comparison processes in brain storming. Journal of Experimental Social Psychology 2005; 41:313-20.

Dugosh KL, Paulus PB, Roland EJ, Yang HC. Cognitive stimulation in brainstorming. Journal of Personality and Social Psychology 2000; 79: 722-35.

Eysenck HJ. Creativity as a product of intelligence and personality. In D.H. Saklofske & M. Zeidner (Eds.), International handbook of personality and intelligence. New York, London: Plenum press, 1995; 231-47.

Feist GJ. A meta-analysis of personality in scientific and artistic creativity. Personality and Social Psychology Review 1998; 2:290-309.

Fink A, Neubauer AC. EEG alpha oscillations during the performance of verbal creativity tasks: Differential effects of sex and verbal intelligence. International Journal of Psychophysiology 2006; 62:46-53.

Fink A, Neubauer AC. Eysenck meets Martindale: The relationship between extraversion and originality from the neuroscientific perspective. Personality and Individual Differences 2008; 44:299-310.

Fink A, Benedek M, Grabner RH, Staudt B, Neubauer AC. Creativity meets neuroscience: Experimental tasks for the neuroscientific study of creative thinking. Methods 2007; 42:68-76.

Fink A, Grabner RH, Benedek M, et al. The creative brain: Investigation of brain activity during creative problem solving by means of EEG and fMRI. Human Brain Mapping 2009; 30:734-48.

Fink A, Grabner RH, Gebauer D, et al. Enhancing creativity by means of cognitive stimulation: Evidence from an fMRI study. NeuroImage 2010a; 52:1.687-95.

Fink A, Graif B, Neubauer AC. Brain correlates underlying creative thinking: EEG alpha activity in professional vs. novice dancers. NeuroImage 2009b; 46:854-62.

Fink A, Koschutnig K, Benedek M, et al. Stimulating creativity via the exposure to other people's ideas. Human Brain Mapping 2011.

Fink A, Slamar-Halbedl M, Unterrainer HF, Weiss E. Creativity: genius, madness or a combination of both? Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts 2011b.

Garlick D. Understanding the nature of the general factor of intelligence: The role of individual differences in neural plasticity as an explanatory mechanism. Psychological Review 2002; 109:116-36.

Goel V, Vartanian O. Dissociating the roles of right ventral lateral and dorsal lateral prefrontal cortex in generation and maintenance of hypotheses in set-shift problems. Cerebral Cortex 2005; 15:1.170-7.

Grabner RH, Fink A, Neubauer AC. Brain correlates of self-rated originality of ideas: Evidence from event-related power and phase-locking changes in the EEG. Behavioral Neuroscience 2007; 121:224-30.

Guilford JP. Creativity. American Psychologist 1950; 5:444-54.

Guilford JP. The nature of human intelligence. New York: McGraw-Hill, 1967.

Haller CS. Personality and thinking style in different creative domains. Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts 2010: 4:149-60.

Hany EA. Förderung von Kreativität. In K.J. Klauer (Hrsg.), Handbuch Kognitives Training. Göttingen: Hogrefe, 2001; 261-91.

Howard-Jones PA, Blakemore SJ, Samuel EA, Summers IR, Claxton G. Semantic divergence and creative story generation: an fMRI investigation. Cognitive Brain Research 2005; 25: 240-50.

Ischebeck A, Zamarian L, Siedentopf C, Koppelstätter F, Benke T, Felber S, Delazer M. How specifically do we learn? Imaging the learning of multiplication and subtraction. Neuroimage 2006; 30:1.365-75.

Jaušovec N. Differences in cognitive processes between gifted, intelligent, creative, and average individuals while solving complex problems: an EEG Study. Intelligence 2000; 28: 213-37.

Jaušovec N, Jaušovec K. EEG activity during the performance of complex mental problems. International Journal of Psychophysiology 2000; 36:73-88.

Jung-Beeman M. Bilateral brain processes for comprehending natural language. Trends in Cognitive Sciences 2005; 9:512-8.

Jung-Beeman M, Bowden EM, Haberman J, et al. Neural activity when people solve verbal problems with insight. PLOS Biology 2004; 2:500-10.

Keefe JA, Magaro PA. Creativity and schizophrenia: An equivalence of cognitive processing. Journal of Abnormal Psychology 1980; 89:390-8.

Klimesch W, Sauseng P, Hanslmayr S. EEG alpha oscillations: The inhibition-timing hypothesis. Brain Research Reviews 2007; 53:63-88.

Kounios J, Frymiare JL, Bowden EM, et al. The prepared mind. Neural activity prior to problem presentation predicts subsequent solution by sudden insight. Psychological Science 2006; 17:882-90.

Kowatari Y, Lee SH, Yamamura H, Nagamori Y, Levy P, Yamane S, Yamamoto M. Neural networks involved in artistic creativity. Hum Brain Mapp 2009; 30:1.678-90.

Krampen G. Promotion of creativity (divergent productions) and convergent productions by systematic-relaxation exercises: empirical evidence from five experimental studies with children, young adults, and elderly. European Journal of Personality 1997; 11:83-99.

Krause CM, Sillanmäki L, Häggqvist A, Heino R. Test-retest consistency of the event-related desynchronization/event-related synchronization of the 4–6, 6–8, 8–10 and 10–12 Hz frequency bands during a memory task. Clinical Neurophysiology 2001; 112:750-7.

Lipsey MW, Wilson DB. The efficacy of psychological, educational, and behavioral treatment. Confirmation from meta-analysis. American Psychologist 1993; 48:1.181-209.

MacKinnon DW. Personality and the realization of creative potential. American Psychologist 1995; 20:273-81.

Maguire EA, Gadian DG, Johnsrude IS, et al. Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. PNAS 2000; 97:4.398-403.

Marchant-Haycox SE, Wilson GD. Personality and stress in performing artists. Personality and Individual Differences 1992; 13:1.061-8.

Martindale C. Biological bases of creativity. In R. Sternberg (Ed.), Handbook of creativity Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1999; 137-52.

Martindale C, Hines D. Creativity and cortical activation during creative, intellectual, and EEG feedback tasks. Biological Psychology 1975; 3:71-80.

Mechelli A, Crinion JT, Noppeney U, et al. Structural plasticity in the bilingual brain. Nature 2004; 431:757.

Mednick SA. The associative basis of the creative process. Psychological Review 1962; 69:220-32.

Mobbs D, Greicius MD, Abdel-Azim E, Menon V, Reiss AL. Humor modulates the mesolimbic reward centres. Neuron 2003; 40:1.041-8.

Mölle M, Marshall L, Wolf B, Fehm HL, Born J. EEG complexity and performance measures of creative thinking. Psychophysiology 1999; 36:95-104.

Münte TF, Altenmüller E, Jäncke L. The musician's brain as a model of neuroplasticity. Nature Reviews Neuroscience 2002; 3:473-8.

Nelson B, Rawlings D. Relating schizotypy and personality to the phenomenology of creativity. Schizophrenia Research 2010; 36:388-99.

Neubauer AC, Fink A, Grabner RH. Sensitivity of alpha band ERD/ERS to individual differences in cognition. In C. Neuper & W. Klimesch (Eds.), Event-Related Dynamics of Brain Oscillations – Progress in Brain Research. Amsterdam: Elsevier, 2006; 159:167-78.

Neubauer AC, Fink A, Schrausser DG. Intelligence and neural efficiency: The influence of task content and sex on the brain-IQ relationship. Intelligence 2002; 30:515-36.

Neubauer AC, Grabner RH, Fink A, Neuper C. Intelligence and neural efficiency: Further evidence of the influence of task content and sex on the brain-IQ relationship. Cognitive Brain Research 2005; 25:217-25.

Neubauer AC, Grabner RH, Freudenthaler HH, Beckmann JF, Guthke J. Intelligence and individual differences in becoming neurally efficient. Acta Psychologica 2004; 116:55-74.

Nijstad B, Stroebe W. How the group affects the mind: a cognitive model of idea generation in groups. Pers Soc Psychol Rev 2006; 10:186-213.

Osborn AF. Applied imagination (1st ed.). New York: Scribner's, 1957.

Paulus PB, Brown VR. Toward more creative and innovative group idea generation: a cognitive-social-motivational perspective of brainstorming. Soc Pers Psychol Compass 2007; 1:248-65.

Paulus PB, Nijstad BA. Group creativity: Innovation through collaboration. Oxford: Oxford university press 2003.

Pfurtscheller G, Stancak Jr., A, Neuper C. Event-related synchronization (ERS) in the alpha band – an electrophysiological correlate of cortical idling: a review. International Journal of Psychophysiology 1996; 24:39-46.

Plucker JA, Renzulli JS. Psychometric approaches to the study of human creativity. In R.J. Sternberg (Ed.), Handbook of creativity. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1999; 35-61.

Razumnikova OM. Functional organization of different brain areas during convergent and divergent thinking: an EEG investigation. Cognitive Brain Research 2000; 10:11-8.

Richards TL, Aylward EH, Berninger VW, y cols. Individual fMRI activiation in orthographic mapping and morpheme mapping after orthographic or morphological spelling treatment in child dyslexics. Journal of Neurolinguistics 2006; 19:56-86.

Rose LH, Lin HJ. A meta-analysis of long-term creativity training programs. Journal of Creative Behavior 1984; 18:11-22.

Rowe G, Hirsh JB, Anderson AK. Positive affect increases the breadth of attentional selection. PNAS 2007; 104:383-8.

Rubinstein G. Are schizophrenic patients necessarily creative? A comparative study between three groups of psychiatric inpatients. Personality and Individual Differences 2008; 45:806-10.

Rubinstein G, Strul S. The Five Factor Model (FFM) among four groups of male and female professionals. Journal of Research in Personality 2006; 41:931-7.

Sauseng P, Klimesch W, Doppelmayr M, Pecherstorfer T, Freunberger R, Hanslmayr S. EEG alpha synchronization and functional coupling during top-down processing in a working memory task. Human Brain Mapping 2005; 26:148-55.

Sawyer RK. Educating for innovation. Thinking Skills and Creativity 2006; 1:41-8.

Scott G, Leritz LE, Mumford MD. The effectiveness of creativity training: A quantitative review. Creativity Research Journal 2004a; 16:361-88.

Scott G, Leritz LE, Mumford MD. Types of creativity training: Approaches and their effectiveness. Journal of Creative Behavior 2004b; 38:149-79.

Simonton DK. Creativity: cognitive, personal, developmental, and social aspects. American Psychologist 2000; 55:151-8.

So KT, Orme-Johnson DW. Three randomized experiments on the longitudinal effects of the Transcendental Meditation technique on cognition. Intelligence 2001; 29:419-40.

Sternberg RJ, Lubart TI. Investing in creativity. American Psychologist 1996; 7:677-88.

Von Stein A, Sarnthein J. Different frequencies for different scales of cortical integration: from local gamma to long range alpha/theta synchronization. Int J Psychophysiol 2000; 38:301-13.

Ward TB. Creative cognition as a window on creativity. Methods 2007; 42:28-37.

Weiss EM, Hofer A, Golaszewski S, y cols. Brain activation patterns during a verbal fluency test – a functional MRI study in healthy volunteers and patients with schizophrenia. Schizophrenia Research 2004; 70:287-91.

Weiss EM, Hofer A, Golaszewski S, y cols. Language lateralization in unmedicated patients during an acute episode of schizophrenia: A functional MRI study. Psychiatry Research: Neuroimaging 2006; 146:185-90.

Weiss S, Grabner RH, Kargl R, Purgstaller C, Fink A. Behavioral and neurophysiological effects of a computer-aided morphological awareness training on spelling and reading skills. Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal 2010; 23:645-71.

The dual relation between art and the brain

Dr. Ivar Hagendoorn

Introduction

In their book *Philosophical Foundations of Neuroscience,* Bennett and Hacker (2003) remind us that it is the person and not the brain who thinks, feels, judges, interprets, analyses, decides and so on. Similarly, it is the person and not the brain who creates and appreciates art. One does not like chocolate because of some neurons firing in the posterior ventral pallidum. One likes it because it has a particular balance of sweetness and bitterness. One does not enjoy a comedy because of increased activity in some part of the brain, but because it is funny. Invoking one's brain does not add any relevant information.

As Bennett and Hacker write, it is the task of neuroscience to establish matters of fact concerning the structure and operation of the nervous system. *Cognitive* neuroscience seeks to explain "the neural conditions that make [our] perceptual, cognitive, cogitative, affective and volitional functions possible" (Bennett and Hacker, 2003: 1 and 114). The same neural conditions that make our perceptual, cognitive, cogitative and affective capacities possible also constrain and bias our capacities in systematic ways. For instance, there is a limit to the number of objects that one can simultaneously attend to and when one's attention is consumed by a demanding task one may fail to notice otherwise attention grabbing events. Experimental psychologists have documented a steadily growing list of cognitive biases, from anchoring to loss aversion and from hindsight bias to cognitive dissonance, which affect how we perceive the world and act in the world.

These cognitive biases affect how we perceive, interpret and judge works of art. They may also find their way into works of art, either because, like most people, artists are unaware of the implicit dispositions and preconceptions that bias their thinking, or because they deliberately exploit a particular cognitive bias or perceptual tendency. This process, whereby stimuli are designed to achieve a specific effect, entails a feedback loop between art and the brain.

Knowledge of the neural basis of perception, attention, cognition and emotion may therefore enhance our understanding of art. It may enable artists to better achieve a desired effect and it may enable audiences to see through and appreciate how they are manipulated. It may also inspire a critical reading of the arts and of the relationship between art and cognition. Conversely, a close examination of works of art and of the multiple ways artists manipulate their material and thereby the audience may tell us more about the workings of the brain.

Implicit and explicit rules

In his *Lectures on Aesthetics* Wittgenstein remarks that art and aesthetic judgement, like language, are governed by *implicit* and *explicit* rules. He gives the example of a tailor, who "learns how long a coat is to be, how wide the sleeves must be, etc. He learns rules –he is drilled– as in music you are drilled in harmony and counterpoint" (Wittgenstein, 1966: 5)[1]. The customer who judges the coat when it is finished is also guided by rules in his or her aesthetic judgement. When trying on a new coat he or she might comment that the sleeves are of unequal length or that the buttons are positioned unevenly.

Wittgenstein's example may seem a bit stale, but if you were to browse your photo album you might notice various patterns in the photos you take. You might notice that you always keep the horizon straight or that, when taking a portrait, you always make sure never to cut off part of the person's head. And so, without knowing it, your photos are guided by various *implicit* rules. Some of these rules you may have learnt when you got your first camera and showed off your photos to your parents. They may have taught you to hold the camera straight and to keep it still while you take a photo as they were once taught themselves.

In the early days of mass photography consumer cameras used to come with a manual explaining how to make a good photo. When making a portrait you should check the surrounding area for trees and poles sprouting from the subject's head and you should move in close and fill the frame with the subject, thus eliminating any background distractions. The compositional guidelines that you can find in photography manuals and that you learn about in a photography course are all *explicit* rules that you may choose to apply when making a photo.

Some of these *explicit* rules aim to override a natural tendency, that is, an *implicit* rule, which people automatically adopt when taking a photo. Many people tend to place the subject in the middle of the frame, which can make a picture static and less interesting. Photography manuals therefore recommend the rule of thirds, a centuries old rule of thumb, which states that you should imagine breaking up the picture area into three parts, both horizontally and vertically, and position the main subject along the lines or at the intersections. Today, most digital cameras come with a tic-tac-toe grid in the viewfinder or on the LCD display, making it even easier to compose pictures using the rule of thirds, as long as you know what that grid is for, of course.

Contrary to Wittgenstein, who was adamant that "aesthetic questions have nothing to do with psychological experiments" (Wittgenstein, 1966: 17), I believe that some of the rules people use when exercising aesthetic judgement, whether consciously or unconsciously and whether in making or appreciating art, have their roots in human psychology. There is a reason that a cluttered background tends to be distracting while a plain background emphasizes the subject. There is a reason that balance and unity are pleasing to the eye and that natural lines can strengthen

[1] It is should be pointed out that these lectures come to us in the form of notes taken by some of the students who attended the lectures at Cambridge University in the summer of 1938.

the composition. As a matter of fact, Wittgenstein admits so much when he remarks that, "if you haven't learnt Harmony and haven't a good ear, you may nevertheless detect any disharmony in a sequence of chords" (idem: 5). In his lectures he did not, however, expand upon this observation, which today is one of the principal research paradigms in the cognitive neuroscience of music (e.g. Koelsch and Siebel, 2005).

The French anthropologist Claude Lévi-Strauss was one of the first to claim that social institutions and cultural artefacts are a concrete manifestation of the intrinsic capacities of the human mind and their substrate in the brain. They make that only some and not all possible structures emerge. Throughout his work one can find assertions to this effect. As he writes in *Structural Anthropology*:

> "Even if social phenomena must be provisionally isolated and treated as if they belonged to a specific level, we know very well that –de facto and even de jure– the emergence of culture remains a mystery to man. It will so remain as long as he does not succeed in determining, on the biological level, the modifications in the structure and functioning of the brain, of which culture was at once the natural result and the social mode of apprehension. At the same time, culture created the intersubjective milieu indispensable for the occurrence of transformations, both anatomical and physiological, but which can be neither defined nor studied with sole reference to the individual"
>
> (Lévi-Strauss, 1983: 14).

For a long time the thesis put forth by Lévi-Strauss remained a theoretical possibility, but in recent years significant advances have been made in our understanding of human brain function and so we are now in a position to examine how properties of the brain translate into the *implicit* rules that govern cultural production.

Accordingly, in principle *all* of cognitive neuroscience is relevant to aesthetics (Hagendoorn, 2011, 2012). In fact, I would go so far as to claim that neuroimaging studies that seek to establish the neural correlates of aesthetic judgement are the least relevant, as they offer little, if any, insight into the structure of art. Neuroimaging studies won't tell us anything about the compositional principles that define a fugue. To this end one would have to study the music, not the listener's response to it.

An example of how one might relate a fundamental aspect of the nervous system to artistic creation is the aforementioned tendency to centre a subject in one's field of view. The fovea is the part of the retina with the highest acuity. When looking at an image the eyes will move across the image to bring the fovea to bear on regions of interest. Looking ahead is the most comfortable position for the head to be in. It is also the best starting position for shifting one's gaze since the average distance to either side is the smallest. And so, when looking at something people tend to position themselves such that the object is in the middle of their field of view. In a museum people will stop in front of a painting, not two or three and a half meters to the left or the right and if it is crowded they will wait until they can shuffle right in front of the pain-

ting. In a theatre the seats in the middle tend to offer the best sight lines.

Just as people will hold an object in front of their eyes in order to examine it, they will frame the object so that it is in the centre of the frame when taking a photograph of it. When addressing an audience most speakers will implicitly assume the audience's perspective and take centre stage (unless they are giving a PowerPoint presentation and don't want to block the view of the screen, which is usually and not coincidentally positioned on the middle of the wall). It is therefore no accident that in a theatre much of the action on stage takes place around the centre.

Since people automatically move their eyes to a region of interest the present account also explains why placing the subject *off-centre* makes an image interesting. It invites the viewer to scan the image for the main subject. A photo by Dutch photographer Anton Corbijn entitled Nicolas Cage, *Santa Monica* (1990) shows the backs of two middle-aged men, one of whom is squatting and the wooden columns of a pier. Somewhere to the right one can detect *Nicolas Cage.* His figure only occupies about 5% of the photo surface. The viewer who reads the title will scan the photo to look for Nicolas Cage and thus spend much more time with the photo than he would if it were just a portrait.

Many photography manuals will tell you that placing the subject in the middle of the frame will make the photo look ordinary. However, by emphasizing the centre it becomes a vortex that attracts the gaze of the viewer. Another photo by Anton Corbijn shows Nicolas Cage against the background of a circular metal structure. The circular structure frames his head, which is also almost in the middle of the photo. Another photo by Anton Corbijn shows the German singer/songwriter Herbert Grönemeyer against the background of a landscape, his head at the crossing of two roads. Of course, each of these photos can also be read at a metaphorical level. The composition of both photos is simple, but it works and it works because it emphasizes a natural tendency of the perceptual system.

Conclusion

I don't believe there is anything controversial about the claim that a work of art, or indeed any object or event, can produce a variety of effects. Music, when played too loud, may cause hearing damage and as a form of physical exercise dancing has various health benefits. The effects that I am interested in are related to the object's aesthetic properties and to the aesthetic experience that results from observing the object. If we were to put this into a diagram it would look like this: X → Y, with X the work of art and Y the effects it produces. Since we are interested in the effects that occur when X is observed we need to add an intermediate stage between X and Y to represent the fact that the transformation from cause to effect is mediated: X → ■ →Y. In this diagram the black box stands for the mind and brain.

There are now two arrows in our schema, two arrows that connect the artwork and the effects it produces. This raises an important question. If we take Y as the effect, within the language of cause and effect,

are we to take X as the cause and the processes in the black box as the function that transforms the causes into an effect or are these processes the cause that the X produces the effect it does? This question goes to the heart of neuroaesthetics.

We commonly attribute the reason why we like or dislike something to the object and not to a brain process. We enjoy a piece of chocolate because of its flavour, not because of something happening in our brain. However, occasionally you may not be in the mood for Tom Waits or György Ligeti and instead prefer something undemanding and soothing. In fact, you may not be in the mood for any music or indeed anything at all and just wish to go to bed early. You may have a headache; you may be slightly irritable because of a cold or because a project did not go as planned. You may also be tired after a long day at the office and fail to understand the complex visual metaphors in the theatre performance you attend at night. All of this can be traced back to the workings of the brain. So in this sense the black box that mediates X and Y does bias the outcome regardless of the input.

A work of art is itself a product of the raw material that serves as input. An artist might build an installation out of driftwood, scrap metal and rubber tyres. A conceptual artist might denote an everyday object a readymade. A composer will choose whether to create a string quartet, a piano solo or a symphony and so on. If we were to represent this in a diagram it would look something like this: Z → X. In fact, since art is a product of the mind, we could represent the creation of a work of art using the same formula as before: Z → ■ → X.

If we combine the two diagrams the chain from raw material to aesthetic experience looks like this: Z → ■ → X → ■ → Y. As you can see the mind/brain occurs twice in this schema: as the mediation between the raw material and the work of art and as the mediation between the work of art and the aesthetic experience of the observer.

Artists are, of course, observers of their own work. An artist will continue adjusting a work until it has the properties he or she wants it to have and until it produces the effects he or she wants it to produce. An author will reread his novel and delete a passage here and rewrite a passage there until it says what he wants to say. A painter will step back from his painting and add a touch of yellow here and a swirl of black there until it pleases him. A dancer and a violin player will continue rehearsing until they are confident that whatever they are performing is right. This process of adjustment is set against the backdrop of the brain processes involved in perception, attention, emotion and cognition. What I am therefore proposing is that there is an equivalence relation, or rather a feedback process, between the aesthetic properties an artist seeks to realize in his or her work and the resulting aesthetic experience.

In my research I try to explicate the processes in the black box and to explain how these processes feed back into the structure of a work of art (Hagendoorn, 2011, 2012). This still leaves a lot to be explained. But perhaps what cannot be explained and what resists explanation is what makes a work of art into a great work of art.

References

Bennett MR, Hacker PMS. Philosophical Foundations of Neuroscience. Oxford: Blackwell Publishing, 2003.

Hagendoorn IG. Dance, choreography and the brain. In D. Melcher and F. Bacci [Eds.], Art and the Senses. Oxford: Oxford University Press, 2011; 499-514.

Hagendoorn IG. Dance, Aesthetics and the Brain 2012 (forthcoming).

Koelsch S, Siebel WA. Towards a neural basis of music perception. Trends in Cognitive Sciences 2005; 9(12):578-84.

Lévi-Strauss C. Structural Anthropology. Transl. M. Layton. Chicago: University of Chicago Press, 1983; vol. 2.

Wittgenstein L. Lectures and Conversations on Aesthetics, Psychology, and Religious Belief. C. Barrett [Ed.]. Oxford: Basil Blackwell, 1966.

Las bases neurobiológicas de la percepción artística

Dr. Luis Miguel Martínez Otero

Resumen

Hace poco más de 50 años, el 7 de mayo de 1959, el científico y novelista británico Charles Percy Snow generó un acalorado debate con su conferencia titulada, *Las dos culturas y la revolución científica,* en la que se lamentaba del creciente abismo que separa a los intelectuales "humanistas" de los "científicos". Lord Snow pensaba que la actual evolución divergente entre "ciencia" y "arte" ha terminado por romper todos los puentes de comunicación entre estas "dos culturas", impidiendo "de facto" la resolución de los problemas del mundo. La oposición a esta visión catastrofista de la cultura ha llegado hasta nuestros días, a pesar de que sería ingenuo no reconocer que cada vez se ajusta más a la realidad. La frase "lo siento, es que soy de letras", que utilizan sin pudor muchos intelectuales "humanistas" cuando se les confronta con cuestiones mínimamente cuantitativas, es complemento perfecto para la creciente despreocupación por las humanidades en los currículos formativos de la mayoría de las carreras científicas. Y lo más doloroso de esta fractura es que, en muchos casos, lo que se está separando son campos del saber tan íntimamente relacionados entre sí que comparten el objeto de su estudio, aunque, eso sí, se diferencien de manera notable en la metodología que emplean. Por ejemplo, el trabajo de un pintor no es muy diferente al de un neurocientífico. En muchos aspectos es más lo que los une que lo que los separa. Así, desde hace miles de años, los pintores tratan de generar en un soporte bidimensional y estático, como una pared de roca o un lienzo, imágenes que se asemejen a su experiencia perceptiva, rica y compleja, del mundo en el que viven. Para ello construyen un lenguaje personal, con su propia gramática basada en una combinación más o menos complicada de patrones y formas, de colores y luminancia. Los neurocientíficos, por su parte, toman el camino inverso e intentan averiguar cuáles son las reglas, la gramática interna, que permite al cerebro reconstruir "una realidad subjetiva" del mundo visual que nos rodea. Para ello el cerebro, como el pintor, se basa únicamente en una sucesión de imágenes bidimensionales que se proyectan de forma continua sobre nuestras retinas, como si estas fuesen una especie de lienzo. Pintor y neurocientífico, arte y ciencia, parecen estar así mirándose a un espejo imaginario, complementándose al tratar de comprender cómo vemos, mientras exploran las reglas de la perspectiva, el color, la forma, el movimiento, el contraste, etc.

Hoy, una nueva generación de neurocientíficos da los primeros pasos para reconstruir los viejos puentes de comuni-

cación entre ciencia y arte escudriñando las obras de pintores y artistas de todos los tiempos en busca de claves sobre la percepción visual que, de otra forma, tardarían años, cuando no siglos, en ser redescubiertas por la ciencia. En este artículo he seleccionado algunas obras de arte y movimientos que nos han ayudado a descubrir y resolver cuestiones relevantes sobre percepción y, de forma más general, sobre cómo funciona el cerebro. A fin de cuentas, y como decía Leonardo da Vinci, "el ojo recibe de la belleza pintada el mismo placer que de la belleza real".

Introducción

Ver es extremadamente importante para nosotros los humanos. Somos animales fundamentalmente visuales y, por ello, no es extraño que dediquemos más del 50% de los recursos de nuestra corteza cerebral a realizar una tarea extraordinariamente compleja: crear, en tiempo real, una representación interna del mundo exterior que pueda ser utilizada por otras partes del cerebro para guiar nuestro comportamiento. La pregunta obvia es ¿cómo lo hacemos?, ¿cómo vemos? Esta cuestión ha intrigado a generaciones de neurocientíficos y ha producido, además de ingentes cantidades de publicaciones especializadas, seis premios Nobel. Sin embargo, es una pregunta para la que seguimos sin encontrar una respuesta satisfactoria. La razón fundamental radica en el hecho de que *ver* no consiste simplemente en una transmisión pasiva de imágenes. *Ver* se parece más a un proceso de resolución de problemas. Y el problema a resolver por el cerebro no es trivial, como lo sería si fuese equivalente a reconstruir la imagen de un puzzle ordenando de forma correcta sus componentes individuales. Y no lo es por varias razones. Fundamentalmente, porque una escena visual refleja en nuestras retinas una imagen bidimensional y su reconstrucción en tres dimensiones plantea infinitas soluciones desde un punto de vista matemático, como sabe cualquier estudiante de diseño. Y, también, porque nuestro cerebro es un órgano bastante lento en relación con el ritmo al que se producen cambios en nuestro entorno y, para colmo, muy "caro" metabólicamente (aunque sólo representa el 2% de la masa corporal, consume el 20% de la energía necesaria para sustentar nuestro organismo). En consecuencia, la mayor parte de la información que llega a nuestras retinas no puede ser procesada en tiempo real y ha de ser filtrada, porque no tendríamos ni los recursos ni el tiempo necesario para analizarla toda. Lo que realmente hacemos al explorar una imagen es, primero, extraer sólo la información más relevante para nuestro comportamiento; y, segundo, realizar una estimación de lo que estamos viendo, "rellenando" literalmente la información que falta, en función de nuestra experiencia previa y nuestro conocimiento sobre las propiedades físicas de los objetos que nos rodean (figura 1).

Ver es, por lo tanto, una tarea realmente complicada. "Extraer" la información relevante de una escena y "rellenar" o "recrear" la no analizada son procesos que han de aprenderse a lo largo de los primeros años de nuestra vida. Al igual que aprendemos a hablar o a caminar. Para ello, nuestro cerebro ha desarrollado mecanismos, reglas y estrategias que se han

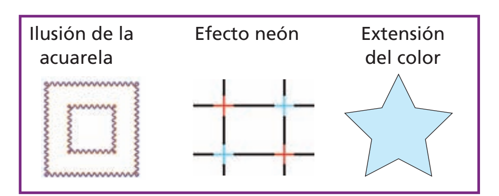


Figura 1. Nuestro cerebro escoge siempre la explicación más probable, sencilla y económica para interpretar una imagen visual. En el caso de la ilusión de la acuarela, *el cerebro rellena el interior de la figura con el mismo color, amarillo, que aparece tapizando la cara interna del borde azul. En realidad el interior de la figura es del mismo tono blanco que el resto del folio. El efecto neón consiste en que el color de las cruces, rojo y azul, se extiende en el espacio dando la impresión de que son en realidad círculos transparentes con tonalidad parecida a las luces de neón. El color azul claro que parece rellenar de forma homogénea la estrella de la derecha en realidad tiene una forma mucho más irregular. Ilusiones visuales como estas demuestran que el cerebro no analiza exhaustivamente las imágenes visuales, sino que las interpreta a partir de unos pocos datos cuidadosamente seleccionados. Los artistas en general, y los pintores en particular, han utilizado estrategias como las que se muestran en esta figura durante siglos, anticipándose mucho al redescubrimiento científico de estos fenómenos. Estas ilusiones están basadas en el trabajo de los neurocientíficos Baingio Pinna y Lothar Spillman. (Recreación de LMM a partir de http://www.scholarpedia.org/article/Watercolor_illusion).*

ido optimizando a lo largo de la evolución. Muchos neurocientíficos creemos que los artistas, tras años de ensayo y error, han descubierto de forma intuitiva esas reglas, esa lógica interna del cerebro, y las utilizan para potenciar el impacto visual generado por su obra. Picasso decía que "el arte es la mentira que explica la verdad", en realidad, esta frase podría generalizarse al decir que "la percepción visual es la mentira que explica la verdad física de nuestro entorno". Lo atractivo de esta hipótesis es que convertiría a los 40.000 años de historia de la pintura en una suerte de piedra de Rosetta en la que podemos encontrar, en forma de complejas combinaciones de patrones y formas, luminancia y color, todos los elementos necesarios para explicar cómo el cerebro reconstruye una imagen interna del mundo que nos rodea, en definitiva, cómo ve.

Las claves

No es mi intención realizar una descripción exhaustiva del sistema visual de nuestro cerebro, ni tampoco de las claves sobre su funcionamiento, que hemos ido descubriendo a lo largo de décadas de trabajo en el laboratorio y siglos de producción artística. Hay al menos tres revisiones recientes, de los doctores Margaret Livingstone y Patrick Cavanagh de la Universidad de Harvard, y Vilayanur Ramachandran de la Universidad de California, que resumen de forma excelente muchos de los puntos de vista que expongo en este trabajo. Pretendo, tan sólo, utilizar unos pocos ejemplos escogidos que ilustran nuestra hipótesis de partida sobre los paralelismos entre la producción artística y el sistema visual, sobre todo en lo que se refiere a la percepción de la forma, el color, la perspectiva y la estructura global de la escena. Para terminar, me gustaría proponer una explicación funcional para el significado biológico (que no simbólico) del arte en general y su posible evolución futura.

La forma

El primer ejemplo es el más sencillo e ilustra la que probablemente haya sido la primera clave sobre el funcionamiento de la percepción visual que hemos descubierto, tanto los artistas en su obra como los científicos en el laboratorio; aunque, eso sí, los segundos hemos tardado 40.000 años más que los primeros. Los

primeros artistas, aquellos que pintaron escenas de caza y cuerpos de animales en las paredes de cuevas como las de Altamira, ya se dieron cuenta de que basta con dibujar los "bordes" de un objeto para generar una percepción muy vívida de él. Esto es posible porque la estructura centro-periferia antagónica de los campos receptores de las células de la retina les permite detectar fundamentalmente las zonas de una imagen en las que la luminancia, la cantidad de luz que emiten los objetos, cambia localmente de forma súbita. Esto se produce fundamentalmente en los contornos, o bordes, de los objetos. Así, en un primer paso, podemos decir que la retina transforma toda imagen en un dibujo de líneas simples (figura 2).

A lo largo de los siglos, los artistas han descubierto también que estos dibujos o bocetos básicos pueden ser, y de hecho suelen ser, más poderosos perceptualmente que una reproducción fiel de la imagen original. Pero, ¿por qué?, ¿por qué una imagen que proporciona menos información visual puede ser más sugerente que otra más rica en detalle? Patrick Cavanagh, Vilayanur Ramachandran y otros autores sugieren que esto es así porque los recursos cerebrales son limitados y, por lo tanto, no podemos prestar atención a todos los detalles visuales disponibles en una imagen compleja. Un dibujo como el de la figura 3 hace que toda la atención se dirija a las partes más relevantes de la imagen sin tener que competir con el procesamiento de otras zonas menos sugerentes o, simplemente, más redundantes y, por lo tanto, menos informativas.





Figura 2. Los campos receptores centro-periferia de la retina transforman toda imagen, como la de la izquierda, en un dibujo de contornos, como el de la derecha. (Foto original de LMM).

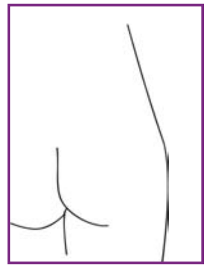


Figura 3. Dibujo del contorno de una mujer. (LMM inspirado en el dibujo Femme *de Pablo Picasso. http://www.globalgallery.com/enlarge/43265/).*

Nosotros hemos planteado una explicación alternativa, aunque no mutuamente excluyente, por lo que ambas podrían fácilmente coexistir. Como expuse más arriba, lo que hacemos habitualmente al ver, al explorar una imagen, es procesar sólo una fracción muy pequeña de toda la informa-

ción disponible. A partir de esa información limitada, realizamos una estimación de lo que estamos viendo y "rellenamos" de forma activa el resto de la imagen en función de nuestra experiencia previa y nuestro conocimiento del mundo. Para ello necesitamos generar asociaciones entre lo que realmente vemos, que proporciona muy poca información, y nuestra idealización del objeto representado en esos dibujos, que hemos almacenado previamente en nuestra memoria. En la figura 4 pongo un ejemplo de cómo funcionaría esta propuesta. La información visual, el estímulo que llega a nuestras retinas, es igual en todos los paneles, un conjunto más o menos desorganizado de líneas negras sobre un fondo blanco. Sin embargo, en algunas de las posibles configuraciones se generan asociaciones muy poderosas, como la que sugiere el perfil de una mujer desnuda (la número 5). Al dejar tanto margen de maniobra a la imaginación del espectador, que ha de reconstruir la imagen mentalmente, este tipo de dibujos pueden ser incluso más sugerentes que los modelos reales que los inspiran. Además, no todas las asociaciones tienen el mismo valor; a pesar de ser igual de evidente, el cactus con el que comienza la serie no alcanza el poder evocativo, y emotivo, de la mujer.

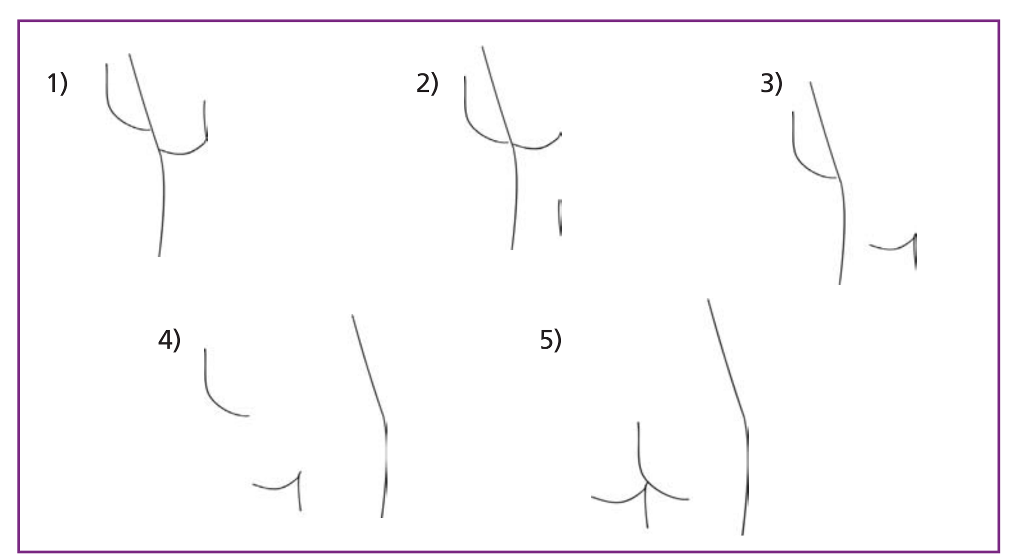


Figura 4. Dibujo de contornos, serie. (LMM, el número 5 está inspirado en el dibujo Femme *de Pablo Picasso. http://www.globalgallery.com/enlarge/43265/).*

El color y la luminancia

Margaret Livingstone en su libro *Vision and Art: the biology of seeing (Visión y Arte: la biología de ver),* expone de forma muy clara cómo, sobre todo a partir del Renacimiento, los pintores han desarrollado técnicas que les permiten utilizar la preferencia de nuestro cerebro por las diferencias en contraste local para generar la sensación de tres dimensiones en sus cuadros. Leonardo da Vinci, por ejemplo, se dio cuenta de que al colocar colores de alta luminancia, que re-

flejan una gran cantidad de fotones, como el color amarillo, al lado de otros de baja luminancia, como el azul, se generan zonas de alto contraste que transmiten la sensación de que las zonas de baja luminancia se encuentran más lejos en la escena visual. En ese mismo libro, la doctora Livingstone nos explica cómo los artistas también han descubierto que pueden tratar color y luminancia de forma independiente en sus lienzos. Es posible, por lo tanto, plasmar en un cuadro una escena en la que exista contraste entre los distintos colores, pero no diferencias en luminancia. Eso es exactamente lo que hizo Monet en su cuadro *Impresión, amanecer*, que daría nombre al movimiento impresionista (figura 5).

En este cuadro, el sol es muy brillante y parece centellear de una forma muy peculiar en el cielo del amanecer. En el mundo real, el sol es mucho más brillante que el cielo que lo rodea, es decir, tiene una luminancia mucho mayor. En la obra de Monet, el sol, a pesar de ser de un color distinto al del cielo, desprende la misma cantidad de luz, por lo tanto es equiluminante y no se ve si se transforma el cuadro en una escala de grises, como ha demostrado recientemente la doctora Livingstone (figura 5).





Figura 5. Impresión, amanecer. *Obra de Claude Monet. A la derecha aparece la versión del cuadro en escala de grises. (Modificado de Livingstone. Vision and Art: the biology of seeing. New York, New York: Harry N. Abrams, 2002).*

Es precisamente esa falta de contraste local en luminancia la que le da al cuadro todo su atractivo, como explico más abajo.

Picasso decía que "los colores son sólo símbolos, la verdad se encuentra en la luminancia". Color y luminancia pueden separarse artificialmente en un lienzo porque se procesan de forma segregada en nuestro cerebro. El sistema visual se puede dividir en dos vías principales que se diferencian no sólo en su localización sino también en su función (figura 6).

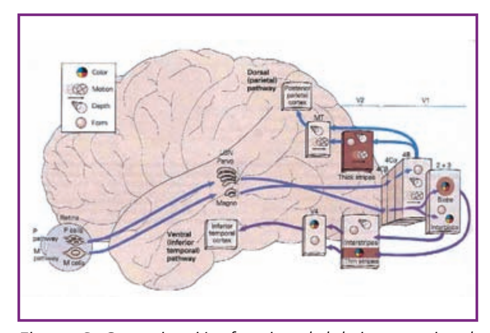


Figura 6. Organización funcional del sistema visual. (Imagen tomada de Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM. Principles of Neural Science, 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2000).

La parte más moderna en términos evolutivos, que compartimos tan sólo con los otros primates, tiene su origen en las neuronas ganglionares parvocelulares de la retina y discurre a lo largo de la zona ventral del cerebro en los lóbulos occipital y temporal. Se le ha denominado la vía *Qué,* porque la actividad en esta zona es la responsable de nuestro reconocimiento consciente de los objetos que componen una escena visual.

La otra vía principal del sistema visual tiene su origen en las células ganglionares magnocelulares de la retina y continúa dorsalmente en la corteza cerebral a través de los lóbulos occipital y parietal. La profundidad, tres dimensiones, el movimiento global y relativo de la escena y también su organización son analizados en esta vía, denominada por muchos autores la vía *Dónde.* Esta parte de nuestro sistema visual es la más antigua, la compartimos con todos los mamíferos y sólo es sensible a los cambios en luminancia; sus componentes celulares son "ciegos" al color. La vía dorsal es, además, más rápida, pero tiene una resolución espacial más pobre; el detalle fino de una imagen se analiza fundamentalmente en la vía ventral.

Por lo tanto, el procesamiento visual en las dos vías es muy diferente. Y muchos artistas, sobre todo a partir del siglo XIX, lo han explotado de forma muy espectacular en su obra. Los impresionistas, por ejemplo, se dieron cuenta de que no importa qué color se use para plasmar la diferencia en luminancia que, como ya hemos mencionado, transmite la información básica de una escena. Estos artistas utilizaban en sus cuadros colores y cambios en luminancia completamente irreales para generar sensaciones ilusorias de brillo, profundidad, movimiento, etc. Volviendo al ejemplo del cuadro *Impresión, amanecer,* de Monet (figura 5), el sol es equiluminante con el fondo; es decir, sólo lo "ve" la vía ventral sensible al color. La vía dorsal, responsable de la percepción de la localización espacial de los objetos, no lo ve (parte derecha de la figura 5) y, por lo tanto, nuestro sistema visual comete errores al intentar establecer de forma precisa su posición, y eso hace que parezca centellear en el cielo.

La doctora Margaret Livingstone pone en su libro otro ejemplo sobre el dominio que alcanzaron los impresionistas del color y la luminancia. En sus series de cuadros sobre *La Grenouillere* (figura 7), Monet y Renoir



Figura 7. La Grenouillere. *Renoir, cuadro de la izquierda. Monet, cuadro de la derecha. (Imágenes tomadas de http://www.metmuseum.org/toah/works-of-art/29.100.112 y http://0.tqn.com/d/arthistory/1/0/k/_/186583_02.jpg).*

pintan simultáneamente el ambiente que se vivía en esa zona de descanso a las orillas del Sena.

Monet consigue captar la esencia del agua del río, su textura y movimiento, mucho mejor que Renoir. Monet utiliza una secuencia de colores muy característica: negro, amarillo, blanco y azul. El blanco y el negro tienen mayor contraste de luminancia que el amarillo y el azul. El cerebro procesa estas diferencias en contraste a distintas velocidades, a distintos tiempos por lo tanto, y esto se traduce en una ilusión de movimiento. El neurocientífico Akiyoshi Kitaoka, ¡150 años más tarde!, descubrió de forma independiente el mismo fenómeno y fue capaz de generar imágenes estáticas que producen poderosas ilusiones visuales de movimiento combinando esos mismos cuatro colores (figura 8).

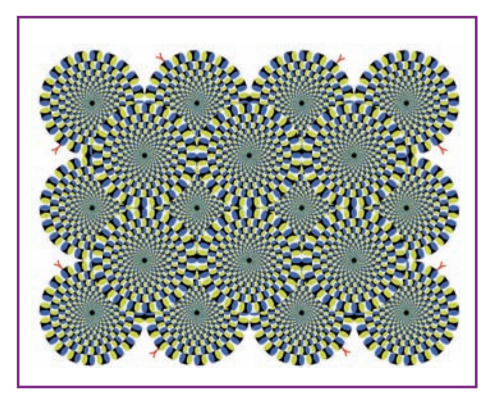


Figura 8. Culebras, *de Akiyoshi Kitaoka. (http://www.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/index-e.html).*

La intención de los impresionistas era captar la esencia misma de la imagen y descubrieron, además, que para lograrlo debían difuminar los bordes, las formas de los objetos, utilizando sus gruesas pinceladas, para quedarse sólo con la información de más baja frecuencia espacial, de menor resolución. Si no lo hubieran hecho así, no habrían conseguido un efecto tan cautivador, pues la información de alta frecuencia que proporcionan los bordes definidos activa de forma preponderante la vía ventral y habría dominado sobre la percepción elusiva generada en la vía dorsal.

Los cuadros de los impresionistas son también tremendamente emotivos. Y resulta sorprendente comprobar en muchos de sus retratos que no precisamos recibir una información muy detallada sobre la expresión facial de un individuo para reconocer, para sentir, su estado de ánimo; si está triste o alegre, sorprendido o furioso. En la vida real, somos capaces de reconocer el estado de ánimo de nuestros semejantes gracias a que el sistema visual envía una copia de la información que viaja por la vía dorsal a un núcleo profundo del cerebro que se llama la amígdala. Este núcleo participa en el procesamiento de las emociones y recibe fundamentalmente información visual de baja resolución (como los trazos gruesos de los impresionistas). La amígdala procesa esa información tan rápido que podemos sentir de forma inconsciente el estado de ánimo de nuestro interlocutor mucho antes incluso de reconocerlo y, por lo tanto, mucho antes de que hayamos analizado toda la información visual que nos proporciona su rostro.

La perspectiva

Tal vez la propiedad de una escena visual más difícil de transmitir en un lienzo es la sensación de tres dimensiones. Cualquier amante del arte habrá notado que antes del Renacimiento (al menos en el arte occidental) todos los cuadros parecen planos, sin fondo. Esto es evidente en

obras como la tabla de Sandro Botticelli que lleva por título *La Virgen escribiendo el Magnificat* (figura 9). En otras culturas, como por ejemplo en el arte religioso ortodoxo, esta carencia de profundidad se mantiene hasta bien avanzado el siglo XIX.



Figura 9. La Virgen escribiendo el Magnificat, *de Sandro Botticelli. (http://museodelarte.blogspot.com/2011/04/la-virgen-escribiendo-el-magnificat.html).*

El cerebro utiliza distintas estrategias para percibir profundidad en una escena visual. La más importante depende de la ligera diferencia espacial entre las imágenes que alcanzan los dos ojos. Esas imágenes están desplazadas lateralmente unos 4 centímetros una con respecto a otra, debido a la separación en el plano horizontal de los ojos en la cara. En consecuencia, los objetos que se encuentran en la escena más cerca de nosotros que el punto de fijación visual, el punto al que estamos mirando en cada momento, proyectan sobre regiones laterales de cada retina, mientras que los objetos que se encuentran más lejos proyectan sobre regiones mediales (más cerca de la nariz). Además, lo hacen con una disparidad, o diferencia relativa entre las proyecciones a los dos ojos, que depende de la distancia y posición relativa entre los distintos objetos de la escena y el punto de fijación. Esta diferencia en la proyección retiniana entre objetos que se encuentran cerca y lejos permite al cerebro percibir muy claramente profundidad en una escena real. Sin embargo, esta estrategia no puede ser aplicada en un lienzo bidimensional.

Los pintores se aprovechan de otro tipo de estrategias, que se llaman monoculares, que el cerebro utiliza y que no necesitan de la disparidad retiniana entre las imágenes de los dos ojos. Las estrategias monoculares son tan importantes que si contradicen a la información binocular normalmente priman sobre ella. La más obvia de estas estrategias es la oclusión, es decir, que los objetos que están más cerca de nosotros tapan a los que están más lejos (figura 9). Otra es la altura relativa en el cuadro, los objetos lejanos están normalmente más altos en el campo visual. El tamaño relativo también juega un papel importante; si dos objetos son iguales y uno está más lejos que otro, parecerá más pequeño. Y, sobre todo, la perspectiva lineal, que surge cuando en una imagen las líneas paralelas tienden a converger en la distancia en uno o más puntos que se denominan puntos de fuga (figura 10). Si se pinta una avenida de una gran ciudad, por ejemplo, cuanto más agudo es el ángulo de las líneas convergentes de las calles, más efecto tridimensional produce.

A fines del siglo XV, Leonardo da Vinci introduce la perspectiva del color, que se basa en el hecho de que el polvo y la humedad de la atmósfera dispersan de forma diferente la luz de longitud de onda corta, azul, que la de longitud de

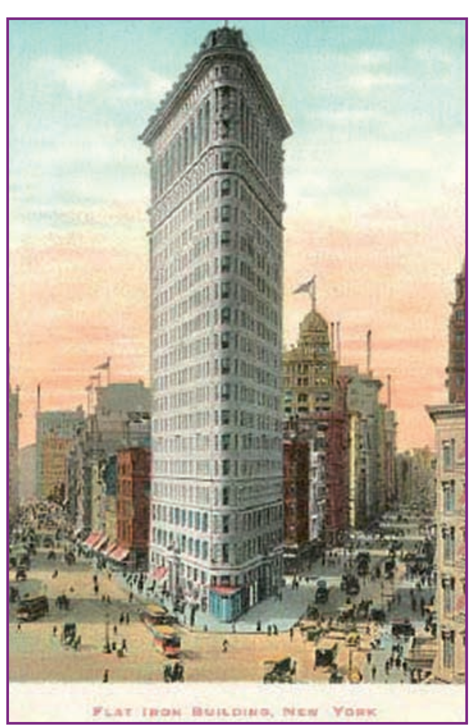


Figura 10. Pintura del Flat Iron Building, en el cruce de las avenidas Broadway y 5.ª, Manhattan, Nueva York. (LMM postal antigua).



Figura 11. Ejemplo de trompe-l'oeil. *Pere Borrell del Caso,* Escapando de la crítica, *1874, col. Banco de España. (http://en.wikipedia.org/wiki/File:Escaping_criticism_by_Caso.jpg).*

onda larga, roja. De esta forma se crea un contraste de color en el cuadro que aumenta la sensación de tres dimensiones. En esta época surge también la perspectiva ilusoria, el *trompe-l'oeil,* que se basa en las reglas de la perspectiva lineal, pero utilizando múltiples puntos de fuga, algunos situados incluso fuera del cuadro (figura 11).

Sin embargo, el mayor salto cualitativo, el más interesante desde el punto de vista de un neurocientífico, se produce a partir del siglo XIX, con la irrupción del impresionismo y su uso conceptual del color. Monet, en su serie de cuadros sobre la catedral de Rouen en distintas condiciones de iluminación (figura 12), demuestra de nuevo, claramente, que color y luminancia se tratan en el cerebro de forma independiente. Nos enseña que es suficiente el contraste en luminancia, independientemente del color con que se pintan los objetos, para generar la sensación de tres dimensiones.

Como mencionábamos anteriormente, los científicos ahora sabemos que esto es así porque esta información se procesa en la vía dorsal del cerebro, que es, esencialmente, ciega al color. Los impresionistas comenzaron a investigar de esta forma la estructura de la imagen y abrieron el camino para la llegada de los cubistas a principios del siglo XX, que revolucionan drásticamente la forma de representar los objetos en el cuadro, al utilizar diferentes puntos de vista de forma simultánea (figura 13).

El cubismo nos enseña que la perspectiva es un atributo local en una escena y que nunca se procesa en el cerebro de forma global. Tal vez porque hacerlo de otro modo sería contraproducente, ya que nor-





Figura 12. Ejemplos de la serie la catedral de Rouen pintados a distintas horas del día y en distintas condiciones de iluminación. Obra de Claude Monet. [http://en.wikipedia.org/wiki/Rouen_Cathedral_(Monet)].

malmente estamos en continuo movimiento, moviendo también nuestros ojos, y al hacerlo cambiamos la vista relativa que en cada momento tenemos de cada objeto. Recientemente, se ha descubierto que las células de la corteza inferotemporal, situada al final de la vía visual ventral y encargada de analizar la identidad de los objetos en una escena, son insensibles a cambios en el tamaño del objeto, su orientación o su posición relativa. El cubismo nos permite predecir que, muy probablemente, serán también insensibles a cambios en su perspectiva. Si esto fuese así, estas células



Figura 13. Muchacha con mandolina. *Obra de Pablo Picasso. (http://www.moma.org/explore/collection/index).*



Figura 14. Silla jardín de Luxemburgo. *Obra de Hockney. (http://art-documents.tumblr.com/post/259290655/david-hockney-chair).*

deberían activarse de forma más poderosa ante la visión "picassiana" de una *Muchacha con mandolina* (figura 13); o la más reciente, y más drástica, representación de múltiples perspectivas de forma simultánea en el *collage La silla jardín de Luxemburgo,* de Hockney (figura 14). De nuevo, los artistas van décadas por delante de los científicos y esta y otras predicciones que podemos extraer de sus obras están todavía sin evaluar en experimentos en laboratorio.

La estructura de la escena

Velázquez era un maestro definiendo el espacio de una escena visual en sus cuadros. Pocos como él han sabido utilizar de forma tan eficaz la perspectiva aérea, que combina la perspectiva lineal con la perspectiva de color y la difuminación de los bordes de los objetos con la distancia, o perspectiva menguante, introducidas ambas por Da Vinci. *Las Meninas* es un claro ejemplo de este tipo de perspectiva, que, sin embargo, no abandona los postulados más ortodoxos de ordenación espacial. La heterodoxia en la composición comienza, nuevamente, con los trabajos de los primeros impresionistas. Monet, por ejemplo, quería capturar la influencia de la luz en nuestra percepción de una escena. Solía pintar sistemáticamente los mismos objetos bajo diferentes condiciones de iluminación. En una de sus series más famosas plasma los pajares que había detrás de su casa. Como la luz del día cambiaba más rápido de lo que él podía pintar, trabajaba simultáneamente en varios lienzos hasta completar un total de 25 (figura 15). Su obsesión era tal que en una ocasión escribió: "Quiero lo inalcanzable. Otros artistas pintan un puente, una casa, un barco, y eso es el fin. Están acabados. Yo quiero pintar el aire que rodea el puente, la casa, el barco, la belleza del aire en el que estos objetos están inmersos, y eso es prácticamente imposible."

Esta obsesión por capturar la estructura de la escena por representar lo intangible, el aire, el espacio entre los objetos más que los objetos en sí, no es exclusivo de Monet, ni de los impresionistas, ni siquiera del arte occidental. En japonés existe incluso una palabra, *kagay,* para representar ese espacio, ese ente etéreo que da consistencia a una escena visual. En el año 2002, Gert Van Tonder y sus colegas de la Universidad de Kyoto publicaron un artículo en el que describían la estructura visual de un jardín japonés que se encuentra en el templo Ryoanji en Kyoto, y que fue creado alrededor del siglo XV (figura 16). Este jardín, como muchos otros similares, sorprende por su apariencia abstracta, y la

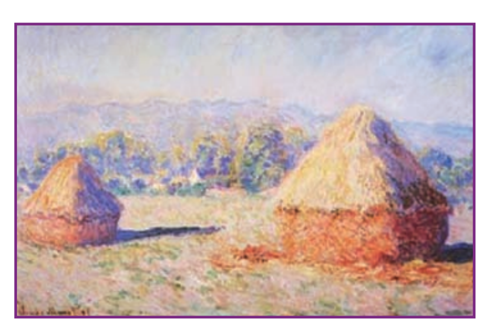




Figura 15. Ejemplos de pajares. *Obra de Claude Monet. [http://en.wikipedia.org/wiki/Haystacks_(Monet)].*

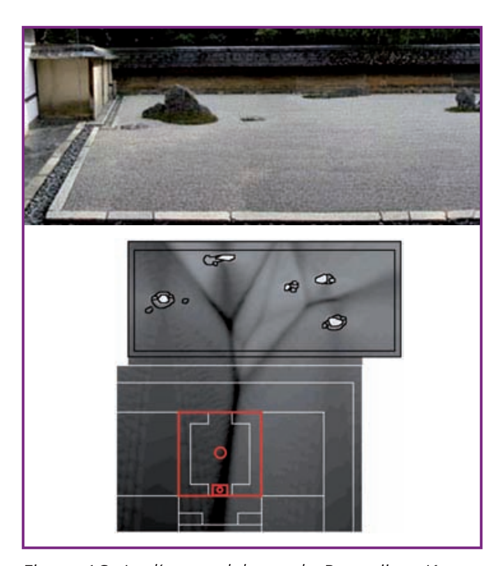


Figura 16. Jardín zen del templo Ryoanji en Kyoto, Japón. La imagen inferior muestra el análisis de la simetría de los espacios vacíos del jardín y su relación con el templo, cuya estructura principal está marcada en rojo. Adaptado de Van Tonder y colaboradores, 2002. (Van Tonder GJ, Lyons MJ & Ejima Y. Visual structure of a Japanese Zen garden. Nature 2002; 419:359-60).

disposición dispersa y casi aleatoria de rocas y musgo en un rectángulo relleno de gravilla. Estos autores, aplicando un modelo básico de análisis inspirado en el funcionamiento de las vías de procesamiento visual en el cerebro, encontraron que el "espacio" aparentemente vacío del jardín está en realidad estructurado de forma implícita y presenta una simetría casi perfecta, que se alinea críticamente, al milímetro, con la arquitectura básica del templo que tiene al lado. Este diseño es invisible de forma consciente para el espectador, sin embargo, proporciona al jardín un atractivo visual inexplicable pero muy poderoso.

Hoy sabemos que el cerebro prefiere estímulos simétricos a estímulos asimétricos; los primeros siempre nos parecen más bellos, más atractivos. La mayor parte de los estudios se han realizado utilizando caras como estímulo test. Por ejemplo, a la hora de elegir la cara más atractiva entre un grupo de fotos que se nos presentan secuencialmente, nos quedaremos, en la mayoría de los casos, con la que muestre mayor simetría bilateral. Los científicos solemos explicar este fenómeno diciendo que las personas con mayor simetría son también más saludables, por lo que tienen una ventaja evolutiva. En el caso del jardín japonés esta explicación no sirve. En realidad, lo que este jardín nos enseña es que el cerebro procesa mejor los estímulos visuales simétricos que los asimétricos, tiene preferencia por ellos, tanto en la vía ventral, donde se procesan las caras, como en la vía dorsal, donde se procesa la estructura global de la escena. Lo sorprendente es darse cuenta de que el autor del jardín, un individuo que vivió hace unos 500 años, ya lo sabía. Ya había aprendido intuitivamente a utilizar esta propiedad básica del funcionamiento del cerebro para dotar de mayor belleza subjetiva a sus composiciones. Es también interesante pensar lo cerca que Claude Monet se quedó de descubrirlo él mismo. En los últimos años de su vida, y ya aquejado de múltiples problemas físicos, se embarcó en su último proyecto, la representación de un jardín con un estanque de nenúfares y un puente japonés. Uno se pregunta qué habría pasado si hubiese conocido el jardín del templo Ryoanji en Kyoto. Para mí, y de nuevo hablo como neurocientífico, el movimiento más interesante de todos es la abstracción. Nuestro profundo desconocimiento de la base biológica, del sustrato cerebral, que subyace a su producción y disfrute supone un desafío de lo más atractivo para cualquier investigador del

sistema visual del cerebro. Yo creo que la clave que explica por qué los cuadros de Rothko, Pollock, Teixidor, y muchos otros, resultan tan poderosos visualmente es la misma que está presente en el jardín japonés. El ejemplo de la obra de Pollock es muy ilustrativo. Muchos críticos consideran sus composiciones como marañas de líneas entrelazadas, como una “mera explosión desorganizada de energía aleatoria” (figura 17). Sin embargo, nada más lejos de la realidad. Los cuadros de Pollock tienen una estructura fractal. Una estructura que es simétrica a distintas escalas espaciales, como han mostrado recientemente Taylor y colaboradores.



Figura 17. Número 5. *Obra de Jackson Pollock. [http://en.wikipedia.org/wiki/Number_5_(painting)].*

El mensaje de la obra de Pollock es que para representar de verdad una escena visual, su estructura, para cumplir por fin el viejo anhelo de Monet, se debe renunciar a plasmar los objetos que se encuentran en ella, de forma análoga a como los impresionistas se deshicieron de los bordes de alta frecuencia y disociaron la influencia del color y la luminancia. Pollock se aprovecha de su conocimiento, implícito e intuitivo, de cómo el cerebro procesa en vías separadas los objetos y la estructura de la escena para capturar la esencia misma de esta última, su simetría.

Entonces, ¿qué es arte?

Comenzaba diciendo que ver no consiste simplemente en transmitir imágenes. Que ver se parece más a un proceso de resolución de problemas; y que nuestro cerebro ha evolucionado para utilizar una serie de estrategias que le permiten entender la realidad. Los artistas en general, y los pintores en particular, tras años de ensayo y error, han descubierto de forma intuitiva esas estrategias, esa lógica interna del cerebro, y las utilizan para potenciar el impacto visual generado por su obra. Por ejemplo, como explica Ramachandran en su libro *A brief tour of human consciousness,* cuando un artista pinta el retrato de una persona trata de capturar lo que en su rostro es único y lo diferencia de otra gente; lo exagera en el cuadro y produce una imagen que puede llegar a transmitir la percepción de esa persona de forma mucho más poderosa que el propio original. Es el principio de la caricatura (figura 18).

Ramachandran llama a este fenómeno *peak shift* o efecto pico, y cree que es un componente universal del arte, que está presente en todas las épocas y culturas.



Figura 18. Fotografía y caricatura del jugador de fútbol Ronaldinho. (http://thegraymatters.aprenderapensar.net/2009/06/04/el-arte-no-es-morirte-de-frio/).

Ramachandran pone como ejemplo el caso de las figuras de bronce de la época Chola en la India. Estas figuras representan una mujer con pechos y caderas grandes y cintura pequeña, adoptando poses imposibles para un hombre (figura 19). Es como si los artistas tomaran el cuerpo promedio de un hombre, se lo restaran al cuerpo promedio de una mujer y el resultado lo plasmaran en esas figuras. Al verlas es posible percibir inmediatamente la esencia sensual de la feminidad.

Hay muchas otras claves visuales que hemos ido descubriendo a lo largo de los años, algunas de ellas han sido mencionadas en este texto. De modo general, lo interesante para un neurocientífico es que esas claves, esa lógica interna del cerebro, su "física alternativa" en palabras de Patrick Cavanagh, que se utilizan para apreciar un cuadro, se emplean también para percibir, de forma rápida y eficaz, el mundo real. Esta idea se puede validar experimentalmente. Y eso es importante, ya que la "física alternativa" del cerebro no es realista y sus reglas son, por lo tanto, impredecibles. Así, los dictados de la física que rigen en una escena real, como por ejemplo la perspectiva, la iluminación y el sombreado, o la distribución coherente de la luminancia y el color, son opcionales en un cuadro, como nos enseñan el cubismo y el impresionismo, y su alteración no hace que este pierda, normalmente al contrario, su capacidad evocadora.

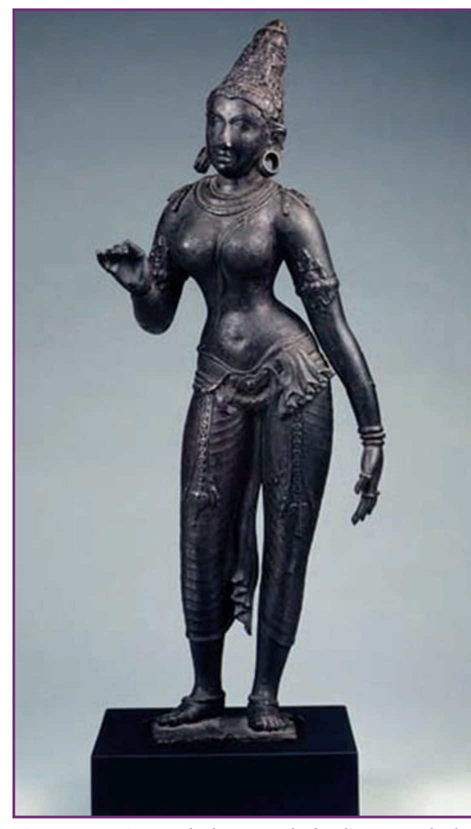


Figura 19. Figura de bronce de la dinastía Chola. India, siglo XI. (http://thegraymatters.aprenderapensar.net/2009/06/04/el-arte-no-es-morirte-de-frio/).

Es mucho lo que la neurociencia debe ya al arte y es posible que el futuro nos depare todavía muchas sorpresas, sobre todo si tendemos los puentes adecuados entre artistas y científicos. A cambio, a través de los descubrimientos científicos podemos empezar a responder a algunas preguntas sobre el arte que nos han fas-

cinado durante milenios. ¿Podemos encontrar un significado biológico al arte, más allá de sus implicaciones simbólicas? ¿Puede cualquier imagen llegar a considerarse arte? ¿Por qué el arte nos produce placer? ¿Sentimos realmente una necesidad física de producir arte?, ¿de ver arte? ver es en el fondo una actividad intelectual compleja y, como tal, tiene un fin. Ver, nuestra visión consciente de una escena, culmina cuando la información que extrae nuestro sistema visual llega a las zonas de asociación de la corteza temporal y genera vínculos íntimos y precisos con la información que está almacenada en nuestra memoria. Al depender nuestra comprensión visual del mundo de nuestra capacidad de generar asociaciones, ver se convierte en un proceso altamente creativo, muy costoso, y que, por lo tanto, ha de primar sobre otros procesos cerebrales. Una forma de conseguirlo podría ser asociar al acto último de reconocimiento visual con una recompensa en forma de placer. En las últimas décadas hemos descubierto que el cerebro está, de hecho, perfectamente diseñado para ello. La sensación de placer depende de la actividad de unos mensajeros químicos, unos neurotransmisores denominados genéricamente endorfinas, que son análogos de los derivados del opio, como la morfina, cuyo principio activo se extrae de las amapolas. Si representamos en un esquema del cerebro dónde se localiza un tipo muy particular de receptores específicos para estos neurotransmisores, los receptores mu, veremos que se distribuyen en un gradiente que incrementa su densidad a lo largo de la vía visual ventral, que es la responsable del reconocimiento de un objeto o una escena (figura 20).

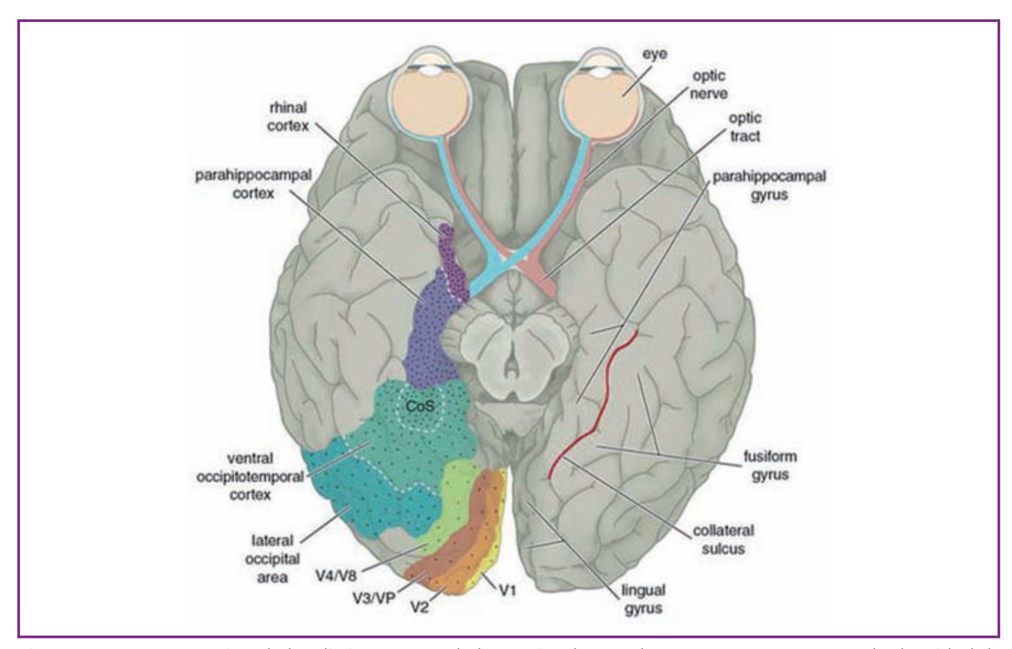


Figura 20. Representación de las distintas áreas de la vía visual ventral. Los puntos representan la densidad de receptores mu-*opioides. Adaptado de Biederman y Vessel. (Biederman I & Vessel. Perceptual pleasure and the brain. American Scientist 2006; 94:248-55).*

Esta distribución es muy difusa en las áreas visuales primarias, donde se realiza un análisis primitivo y local de la escena en función de la orientación, textura y color de los contornos de los objetos. Las áreas intermedias de la vía que integran información local para reconstruir objetos individuales tienen un mayor número de receptores. Pero sólo se alcanza su pico máximo de densidad al final de la vía, en las zonas asociativas de la corteza temporal, donde esta información visual sobre los objetos presentes en la escena se relaciona con nuestra memoria. El arte, al utilizar estrategias como las mencionadas anteriormente, maximiza la eficacia del proceso de generación de asociaciones en la corteza temporal. Y lo hace porque presenta sólo la información relevante de una escena, desprendiéndose de la superflua. Por ello, si ver produce placer, ver arte maximiza ese placer. Stendhal lo experimentó en primera persona. En su viaje a Florencia, y tras visitar la galería de los Uffizi, que alberga una de las más importantes colecciones de arte del mundo, sufrió una fuerte conmoción, con incremento de la frecuencia cardiaca, mareos y alucinaciones. Muchos de estos síntomas son comunes a una sobredosis de opiáceos. Son los síntomas que sufren cientos de visitantes de los Uffizi. Es el síndrome de Stendhal, descrito a finales del siglo pasado por la psiquiatra florentina Graziella Magherini y que afecta también a personas que observan paisajes naturales de una belleza abrumadora.

Arte, arte visual al menos, es, desde un punto de vista puramente biológico, todo aquello que saque el máximo partido del funcionamiento de nuestro sistema visual. Si los movimientos más relevantes en la historia de la pintura, como el impresionismo, el cubismo o la abstracción, todos se basan en alguna propiedad funcional de nuestro sistema visual, en alguna de las estrategias que este utiliza para comprender el mundo, ¿sería entonces posible predecir la próxima tendencia?, ¿estará esta tendencia basada en otra propiedad del sistema visual todavía por descubrir?, ¿estará basada en una propiedad ya descubierta por los científicos pero todavía no explotada plenamente por los artistas? Es difícil predecir lo que nos depara el futuro en cuestión de tendencias artísticas. Yo, por si acaso, seguiré su evolución con la máxima atención.

Bibliografía recomendada

Biederman I, Vessel. Perceptual pleasure and the brain. American Scientist 2006; 94:248-55.

Cavanagh P. The artist as neuroscientist. Nature 2005; 434:301-7.

Livingstone MS. Vision and Art: The Biology of Seeing. New York, New York: Harry N. Abrams, 2002.

Pinna B. The neon color spreading and the watercolor illusion: phenomenal links and neural mechanisms. In Minati G. and Pessa E. (Eds.), Variety of complex systems behaviors, Proceedings of the third national Conference on systems science. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2005; 235-54.

Ramachandran VS. A Brief Tour of Human Consciousness: From Impostor Poodles to Purple Numbers. New York: Pi Press, 2004.

Taylor RP, Micolich AP, Jonas D. Fractal analysis of Pollock's drip paintings. Nature 1999; 399:422. Van Tonder GJ, Lyons MJ, Ejima Y. (2002) Visual structure of a Japanese Zen garden. Nature 2002; 419:359-60.

Bases biológicas de la creatividad. El enfoque desde la neuroestética

Dr. Marcos Nadal Roberts y D. Albert Flexas Oliver

Relaciones entre neuroestética y creatividad

Es posible que a nadie le extrañe, intuitivamente, que unamos las nociones de "creatividad" y de "estética" (dejaremos lo de "neuro" para más adelante) pretendiendo buscar las bases biológicas de la primera con pistas halladas en la otra. Sin embargo, son procesos distintos que, en principio, no tendrían por qué compartir nada. No es difícil imaginar casos de actividades creativas que nada tienen que ver con la estética, como la creatividad científica, ni ejemplos de actividades estéticas que nada tienen que ver con la creatividad, como la falsificación de obras de arte. Por otro lado, generalmente la creatividad se tiende a concebir como un proceso de producción (la persona *crea*), mientras que en el caso de la estética se tiende a concebir como un proceso de recepción (la persona *percibe*). Ni tan sólo en el caso de la creatividad artística, en el que el nexo es aparentemente más claro, existe una relación sólida entre creatividad y estética. De hecho, el trabajo de los historiadores ha demostrado que el vínculo entre la creatividad, tal y como la entendemos cuando pensamos en los grandes genios creadores, y la estética, tan clásicamente ligada al arte, apareció hace relativamente poco (Tatarkiewicz, 1980).

Un poquito de historia

En la Grecia clásica, de donde nos llega la palabra *aesthetica,* que significa "sensible", precisamente no existía ninguna palabra que significara *crear* ni que designara al *creador.* Lo más parecido era la palabra que significaba *fabricar,* pero no se consideraba que los pintores y escultores fabricaran nada, más bien su trabajo consistía en imitar. En aquel entonces se pensaba que el arte debía consistir en la producción de objetos con arreglo a determinadas reglas con el fin de imitar ciertos aspectos de la realidad. Así, es fácil entender que había poco lugar para la creatividad: seguir normas y copiar modelos es casi lo contrario de ser creativo. De hecho, no sólo era imposible la creatividad, sino que era indeseable: al artista se le admiraba por su habilidad para producir obras guiándose por su conocimiento de una serie de normas y por su capacidad para aplicarlas. Ni se esperaba ni se deseaba que el trabajo del artista fuera original (Albert y Runco, 1999).

La poesía constituía la única excepción a esta concepción general del arte y su misión. Los poetas sí *fabricaban,* y la palabra que se usaba para designarlos efectivamente derivaba de la palabra que se refería al acto de *fabricar.* En este sentido, los poetas eran *aquellos que fabricaban,* y mientras que se consideraba que los pintores y los escultores imitaban, se pensaba que los poetas daban existencia a

nuevas cosas. Además, los poetas no se veían sujetos al mismo tipo de normas estrictas que restringían la actividad de los pintores y de escultores. Sin embargo, a diferencia de lo que se suele considerar en la actualidad, los griegos no concebían la poesía como un arte[1].

En la Roma antigua se modificó este esquema de la Grecia clásica en dos sentidos importantes. En primer lugar, se otorgó a los pintores, además de a los poetas, el privilegio de libertad de elección, además de la inspiración y la imaginación. En segundo lugar, el latín introdujo un verbo para referirse a la acción de creación (*creatio,* del que deriva nuestra palabra creatividad), al mismo tiempo que se mantenía la palabra para hacer o fabricar *(facere),* aunque el significado de ambas palabras era en gran medida equivalente. Sin embargo, en la transición del Imperio Romano a la Alta Edad Media, la palabra *creatio* empezó a usarse exclusivamente para hacer referencia a la acción de Dios de crear de la nada, diferenciándose fundamentalmente de *facere,* y dejándose de aplicar a las acciones humanas. Esta distinción, basada en el pensamiento teológico, significó la perpetuación de la idea de que el arte no era una actividad creativa. Incluso se llegó a considerar que la poesía también consistía en hacer o producir artefactos que obedecen a una serie de normas y reglas.

No fue hasta el Renacimiento, con las exigencias de algunos pintores y escultores en favor de la independencia, la libertad y la creatividad, que se inició una transformación de esta perspectiva, aunque harto lenta. De sus escritos podemos ver lo mucho que les costó incluso encontrar un término adecuado para su nueva actitud (Tatarkiewicz, 1971), pues algunos hablaban de invención, otros de conformar la obra a las ideas de los artistas, de expresar su visión o de configurar un mundo nuevo. Ya en el siglo XVII, los pensadores se atreverían a volver a afirmar que la poesía, que no el resto de las artes, implica la creación de algo nuevo, en el mismo sentido en que Dios creó el universo a partir de la nada, pero se trataba de una opinión muy poco extendida y recibida con gran resistencia (Tatarkiewicz, 1980). En la época se creía que la mente humana era inherentemente incapaz de la creación verdadera, que estaba limitada por sus propios mecanismos funcionales y que, como mucho, sólo podía combinar elementos tomados de la naturaleza. Es más, los académicos franceses estaban todavía sujetos a una estricta reglamentación, lo que era incompatible con la noción de la falta de límites que parece intrínseca a nuestra noción de creatividad.

De forma muy elocuente, Tatarkiewicz (1980) escribió que durante el siglo XIX las artes se vengaron de la resistencia ofrecida por los pensadores durante los siglos anteriores. Por fin, la creatividad se asoció con las artes, y la influencia de los artistas estaba ahora ligada a su creatividad. Creador se convirtió en sinónimo de pintor, escultor, compositor, cineasta, coreógrafo, poeta, etc., y lo ha sido desde entonces. El hecho de que a lo largo del

[1] No fue hasta el siglo XVIII que los pensadores empezaron a considerar que la poesía formaba, junto con la escultura, la arquitectura, la danza y la pintura, parte del concepto de las artes que hemos heredado hoy en día (Tatarkiewicz, 1963).

siglo XX muchos autores sintieran que hablar de creatividad en la naturaleza, la ciencia y otras actividades humanas suponía aplicar un concepto inherentemente artístico a otros dominios, demuestra la fortaleza de la unión entre creatividad y arte que se fraguó. Sin embargo, como hemos resumido en los párrafos anteriores, la relación entre el arte y la creatividad no es necesaria. Todo lo contrario, ha sido una relación tan difícil de forjar, como señala Tatarkiewicz (1980), que se han tardado siglos en conseguirlo.

Vinculando estética, arte y creatividad, en sus sentidos más amplios

Pero entonces, si la relación entre arte y estética, por un lado, y creatividad, por otro, es tan frágil y reciente, ¿tiene sentido tratar de aproximarse a las bases biológicas de la creatividad desde el estudio de la estética? Creemos que hay tres motivos que efectivamente permiten establecer una fértil relación entre la investigación acerca de las bases biológicas de la creatividad y la investigación acerca de las bases biológicas del arte y la estética, disciplina que se ha convenido en llamar neuroestética (Zeki, 1999).

En primer lugar, en un sentido amplio, todos los seres humanos son artistas. El estudio antropológico del arte en distintas sociedades del mundo revela que no hay grupo humano alguno que no produzca alguna forma de arte (Silver, 1979). Es más, a pesar de que esas manifestaciones puedan variar enormemente en cuanto a su apariencia, significado y su relación con otros aspectos culturales (Anderson, 1989, 2004), Ellen Dissanayake (1988, 1992, 2000) argumenta que lo que tienen en común estas producciones es la intención de hacer de un objeto o un evento algo especial, a través de un proceso que denomina "artificación". Todos los seres humanos tenemos la capacidad para transformar objetos o eventos cotidianos en algo especial, como cuando nos arreglamos para acudir a una cita (haciendo que nuestra apariencia sea especial), como cuando ponemos la mesa con la vajilla y cuberterías buenas (nos esforzamos por crear una situación especial), etc.

Aceptar esta visión del arte, admitiendo que está al alcance del más común de los mortales, supone romper con la visión más extendida en nuestra cultura. Nuestras concepciones occidentales de arte y estética son herederas de los escritos de los filósofos europeos del siglo XVIII. Fue en ese momento en el que la separación entre la artesanía y el arte, que había ido haciéndose cada vez más patente desde el Renacimiento, terminó de forjarse por completo. Se sentaron las bases de la idea, todavía hoy muy extendida, de que las obras de arte han constituido siempre objetos autónomos, libres de todo propósito funcional y contexto, y que fueron concebidas sólo para el deleite de quien los percibiera. Esta separación del arte de otras esferas de la experiencia humana es una concepción fundamentalmente occidental y poco frecuente en otras culturas del mundo, y vino acompañada de la liberación por parte del ámbito estético de cualquier relación con utilidad o placer cotidiano (Carroll, 2008). Mientras que el arte tradicionalmente había despertado los intereses sociales, morales, religiosos o recreativos, a partir del siglo XVIII el mundo

occidental considera que la respuesta adecuada al arte es la contemplación desinteresada: "el cambio del 'gusto' a la 'estética' se produjo en parte como resultado de otorgar un carácter más intelectual a los placeres de los sentidos más 'elevados' de la vista y el oído para distanciarlos más de los placeres sensuales ordinarios" (Shiner, 2001:141).

La noción de una experiencia estética desinteresada se ideó para encajar con ciertos paradigmas sociales y filosóficos que emergían en ese momento, no como un medio para el estudio de cierto tipo de experiencia que es inherente a la naturaleza humana. Sin embargo, especialmente entre los académicos, se considera con frecuencia que la experiencia estética surge de la contemplación desinteresada de un objeto en sí y para sí. Esta perspectiva sigue siendo influyente por el papel que juega en la comprensión y perpetuación de la concepción y clasificación moderna de las artes (Carroll, 2008).

Sin embargo, a menudo, el arte no occidental se lleva a cabo y se disfruta como un constituyente intrínseco de rituales, ceremonias, celebraciones y otros eventos, y las experiencias relacionadas cumplen varias funciones por las que la gente siente gran interés: económicas, sociales, políticas o simbólicas. De esta manera, en las culturas no occidentales, el arte y la estética permean un abanico más amplio de actividades y objetos que en nuestra propia cultura, y están relacionadas con la comunicación de la identidad y de significados espirituales, éticos y filosóficos (Anderson, 1989). Si aspiramos a comprender un tipo de experiencia que nos viene dada por nuestra naturaleza humana, deberíamos tratar de explicar las variedades que de tal experiencia se observan en las culturas humanas. Sin embargo, para ser aplicable a otras culturas, la noción de estética no debe entenderse como el estudio de la percepción de la belleza de un objeto material (Van Damme, 1996). Debemos poder dar cuenta de experiencias visuales y auditivas, así como de experiencias olfativas, gustativas, táctiles, cinestésicas, y múltiples y dinámicas combinaciones de ellas. Debemos poder dar cuenta de experiencias perceptivas que no están relacionadas con la belleza, como aquellas que emergen del encuentro de los seres humanos con lo feo, lo cómico, lo religioso, el simbolismo, los signos de identidad, etc. (Van Damme, 1996). Y deberíamos poder dar cuenta de los concomitantes fisiológicos de experiencias en las que las personas muestran gran interés, como gustar o disgustar, querer y rechazar, así como las respuestas afectivas y emocionales que las acompañan.

En este sentido más amplio, pues, todos somos artistas, porque todos pintamos, escribimos, cantamos, nos ocupamos de decorar nuestra casa u oficina, o como mínimo nos ocupamos de elegir una imagen para nosotros mismos que comunique a los demás nuestra identidad. La actividad Artística, con A mayúscula, emergió en un determinado momento histórico en una determinada cultura. Se trata de una variante cultural más, no de la norma, aunque sea la que nos resulta más cercana a nosotros. Puede que no seamos Artistas con A mayúscula, pero somos artistas, con a minúscula. Y es este tipo de actividad artística, con a minúscula, la que forma parte de nuestra constitución biológica. Y es este tipo de arte el que está relacionado íntimamente

con la creatividad, como trataremos de exponer a continuación.

El segundo de los motivos por los que creemos que existe un nexo interesante entre creatividad y arte/estética desde el punto de vista biológico tiene que ver con un cambio reciente en la forma de abordar el estudio de la creatividad. Hennessey y Amabile (2010), Mayer (1999) y Runco (2009) señalan que hay actualmente un gran acuerdo en considerar que la creatividad es "la habilidad para producir obras que son novedosas (es decir, originales, inesperadas), de alta calidad, y apropiadas (es decir, útiles, que cumplen con los requisitos de la tarea)" (Sternberg, Kaufman y Pretz, 2002: 1). La mayoría de los investigadores hoy aceptarían que se pueden observar actos de indudable valor creativo en la pintura, la música, la escritura, la ciencia, la empresa, la cocina, la decoración, etc. Pero también es cierto que, de acuerdo con la citada definición, las personas pueden hallar formas creativas al llevar a cabo incluso las tareas más cotidianas, como organizar un archivo, o inventar juegos para entretenerse un domingo lluvioso por la tarde. En este sentido, la creatividad no sería patrimonio exclusivo de los genios. Kaufman y Beghetto (2009) distinguen la creatividad eminente de la creatividad cotidiana, aquella de la que hacemos gala todos los humanos.

Y es en el sentido cotidiano de la creatividad donde encontramos la posibilidad de relacionar la creatividad y el arte. Si miramos a nuestro alrededor, y a menos que estemos leyendo esto en el campo, estamos rodeados de los productos de la creatividad humana. Incluso si estamos en el campo, es probable que hayamos llegado aquí utilizando alguna manifestación física de la creatividad humana. De hecho, el éxito de la cultura humana se basa fundamentalmente en que es capaz de construir a partir de innovaciones realizadas por generaciones anteriores, creando objetos y sistemas que son más eficientes, más pequeños, más grandes, más rápidos, más ligeros, etc. (Tomasello, 1999). Sin creatividad nuestra especie nunca hubiera existido de la manera en la que la conocemos. Es por eso que la creatividad, en este sentido, se considera un rasgo verdaderamente humano (Ambrose, 2001; Mithen, 1998; Morriss-Kay, 2010; Richerson y Boyd, 2006; Sweller y Brian, 2003).

El tercer motivo que nos anima a pensar que hay un vínculo biológico entre la creatividad y las manifestaciones artísticas y estéticas se deriva de los dos anteriores. Si entendemos que existen actividades cotidianas y comunes a todos los seres humanos que podríamos calificar, en el sentido amplio mencionado arriba, como artísticas, y que existen actividades cotidianas y comunes a todos los seres humanos que podríamos calificar como creativas, es posible que dichas capacidades (artística y creativa) tengan un origen común. Y a la vista del registro arqueológico parece ser que así es.

Hay dos formas de entender las pistas que el registro arqueológico nos ofrece respecto a nuestra capacidad para crear y apreciar el arte. Por una parte contamos con la "hipótesis de la revolución" y por otra con la "hipótesis gradualista". La primera de ellas considera que el registro arqueológico evidencia una rápida aparición del comportamiento humano moderno hace entre 50.000 y 40.000 años. Según los proponentes de esta perspectiva, los ya-

cimientos del Paleolítico Superior europeo demuestran la existencia de un cambio sustancial en la cognición humana y sus sustratos neuronales (Klein, 1995; Mellars, 1991), pues conforman un registro arqueológico extremadamente rico comparándolo con los pobres restos del Paleolítico Medio. Parece que, a partir de una tecnología lítica más simple y menos variada, una menor eficacia en la explotación de recursos y una total ausencia de comportamiento simbólico, de repente se da una explosión de creatividad.

La "hipótesis gradualista", por el contrario, defiende la idea de que los comportamientos que se suelen tomar como indicación de cognición humana moderna aparecieron en distintos lugares y diferentes momentos (Henshilwood y Marean, 2003; McBrearty y Brooks, 2000). Esta perspectiva se basa en evidencias que sugieren que los ricos restos del Paleolítico Superior europeo son el resultado de una acumulación gradual y continua de comportamientos novedosos que se iba produciendo en otros lugares y durante un largo periodo de tiempo. A medida que progresa el trabajo en los yacimientos africanos se hace más claro que comportamientos creativos (como los grabados) y estéticos (como el uso del ocre) aparecieron mucho antes de lo que postula la "hipótesis de la revolución". Por ejemplo, en algunos yacimientos africanos, cuya edad se ha estimado en 100.000 años, se han hallado conchas, cáscaras de huevo y huesos perforados cuya única función parece que fuera ornamental. En yacimientos incluso más antiguos, de unos 130.000 años, se han recuperado piedras decorativas, mientras que el uso del ocre se ha documentado en varios yacimientos que cubren los últimos 300.000 años. Además, el hallazgo de las piezas de ornamento personal procedentes de la cueva de Blombos (Sudáfrica), con 75.000 años, confirma la existencia de una mente creativa, artística y, por supuesto, simbólica, mucho antes de la ocupación del sur de Europa por parte de los seres humanos de aspecto moderno.

En todo caso, lo importante es que los proponentes de ambos modelos están completamente de acuerdo en que el origen de los comportamientos que podríamos llamar artísticos o estéticos no se produjo de manera aislada o independiente. Las primeras manifestaciones artísticas, como el uso del ocre, la realización de grabados o la elaboración de collares con conchas, fueron apareciendo a la par que otros comportamientos que definen, de acuerdo con la inmensa mayoría de los arqueólogos y paleoantropólogos, la modernidad cognitiva de nuestra especie. Estos comportamientos incluyen, entre otros: i) enterramientos intencionales, acompañados de ofrendas, útiles de piedra, asta y marfil, y de objetos decorativos, como flores y pigmentos; ii) el desarrollo de nuevas y más sofisticadas técnicas líticas a las que, además, se añade la decoración de herramientas; iii) la elaboración de puntas de flecha y otros instrumentos a partir de la talla del hueso o del marfil; iv) la aparición de nuevas formas de procurar alimentos, como la pesca; v) la aparición de complejas relaciones de intercambio a larga distancia entre grupos de humanos. Y si algo caracteriza a este conjunto de comportamientos es, sin duda, que se trata de manifestaciones de esa creatividad cotidiana de la que hablamos, que tiene que ver

con la manera en la que abordamos nuestras actividades habituales.

La capacidad para producir y apreciar el arte, por tanto, forma parte de una colección de comportamientos creativos que permitieron a nuestra especie superar sus problemas de supervivencia de forma novedosa y progresivamente cada vez más eficaz. Por otra parte, esta capacidad artística, con a minúscula, se hace patente en muchos de estos comportamientos, como cuando se decora un enterramiento, una herramienta o el propio cuerpo. Creatividad y arte, en sentido cotidiano, forman parte de nuestra biología, y sus orígenes filogenéticos parecen estar estrechamente ligados.

La neuroestética

Como ya hemos apuntado, el término "neuroestética" se usó por primera vez en 1999 cuando Semir Zeki proponía la posibilidad de desarrollar un campo de conocimiento referido a las bases biológicas de la experiencia estética (Zeki, 1999). Se trata, pues, de una disciplina relativamente joven. La propuesta de Zeki consistía en partir del conocimiento de la estructura y funcionamiento del cerebro y deducir cómo deben participar las diversas regiones del cerebro en diversas tareas relacionadas con la creación y la apreciación de objetos artísticos y estéticos, como la pintura surrealista o el arte cinético (Zeki, 2001, 2004; Zeki y Lamb, 1994). Sin embargo, no precisó los métodos, las cuestiones fundamentales ni el enfoque que debían caracterizar a este nuevo ámbito del conocimiento. Por otra parte, lo cierto es que Semir Zeki no fue ni de lejos el primer autor que hacía una propuesta razonada acerca de los mecanismos neuronales que sustentan los fenómenos estéticos.

Orígenes filosóficos

Nos podemos remontar hasta el siglo XVIII para encontrar las primeras hipótesis acerca de la fisiología de las experiencias estéticas relacionadas con la belleza y lo sublime. Burke (1757), por ejemplo, se basó en la visión cartesiana del cuerpo humano como una máquina que suponía que los espíritus animales actuaban a través de los nervios para producir movimientos y para conducir la información sensorial desde los receptores hasta el cerebro. Burke (1757) propuso que el origen de las experiencias estéticas, como las relacionadas con lo bello o lo sublime, está en los mismos mecanismos físicos que dan lugar a las emociones no estéticas. Así, pensaba que percibimos objetos, paisajes y otras personas como bellas porque debían producir la misma relajación en nuestro sistema nervioso que las emociones de amor y ternura. Por otro lado, los estímulos y eventos que tienen los efectos característicos del dolor, el miedo y el terror sobre el sistema nervioso se experimentarían como sublimes.

Esta aproximación fisiológica a la experiencia estética se continuó desarrollando a lo largo del siglo XVIII. Webb (1769), por ejemplo, exploró los mecanismos neuronales comunes a la música y las emociones. Argumentó que tanto la música como las emociones excitan vibraciones en los nervios y producen movimientos diversos de los espíritus animales, desde la agitación violenta característica de la ira o la indignación, a las suaves y calmadas vibraciones del amor y el bienestar. Price

(1810) creía que había una relación íntima entre los sentimientos de curiosidad y las experiencias estéticas pintorescas, cuya función era retornar las fibras nerviosas a su tono normal. Cuando se combina la calidad de lo pintoresco con las experiencias estéticas exploradas por Burke se corrige, decía Price (1810), la languidez de la belleza o la tensión de lo sublime.

Relaciones entre experiencia estética, el placer y el dolor

Esta primera aproximación fisiológica a las experiencias estéticas se vio truncada por la extraordinaria influencia de la filosofía kantiana y su perspectiva trascendente acerca del ser humano. No fue hasta finales del siglo XIX que se recuperó, de la mano del emergente campo de la neurociencia, el interés por dar una explicación biológica a la capacidad humana para experimentar la belleza y la fealdad. Marshall (1893, 1894) se acercó a la relación entre las experiencias estéticas y las experiencias hedónicas desde una perspectiva psicológica. Decía que lo bello es aquello que produce en nosotros efectos que son (en un sentido relativo) permanentemente placenteros cuando se recuerdan. Lo feo, por el contrario, es aquello que produce efectos que son permanentemente dolorosos cuando se recuerdan. La importancia del placer y del dolor en su caracterización de la experiencia estética era tal, que desde su punto de vista la estética debía considerarse una rama del estudio del hedonismo.

Quien sí aventuró una explicación fisiológica de la relación entre las experiencias de placer y dolor y las estéticas fue Allen (1877). Para él, lo estéticamente bello es aquello que aporta el máximo de estimulación sensorial con el mínimo de fatiga o desperdicio en procesos que no están relacionados directamente con funciones vitales. Lo estéticamente feo es aquello que no consigue ese efecto, aquello que aporta una estimulación insuficiente o supone demandas excesivas o derrochadoras sobre los órganos. En ambos casos, sin embargo, el componente emocional es débil, se percibe sólo como una discriminación intelectual. Sin embargo, esta nueva aproximación fisiológica a la experiencia estética careció de una adecuada complementación psicológica en el marco del conductismo norteamericano, predominante a principios del siglo XX.

Estudio del impacto de las lesiones cerebrales

El avance del conocimiento de la estructura y función del cerebro posibilitó que los neurólogos investigaran las relaciones entre las lesiones cerebrales y las experiencias estéticas y artísticas. Un tema que fue objeto de gran interés fue la relación entre afasia y las actividades musicales y pictóricas. Uno de los primeros trabajos que examinaron esta relación fue el de Dupré y Nathan (1911), en el que examinaban el impacto que tenía la afasia y diversas formas de psicopatología sobre la producción y apreciación de la música. Dos décadas más tarde, Souques y Baruk (1930) describieron el caso de un profesor de piano que sufría de un caso grave de afasia de Wernicke. Su ejecución musical espontánea era correcta, aunque limitada a unas cuantas melodías, y su ejecución de ejercicios musicales básicos que constituyen la base del automatismo profesional parecía, por lo general, estar bien conservada. Su reconocimiento auditivo

de melodías populares era, por el contrario, muy limitada, y no podía reproducirlas después de oírlas, tocando una canción diferente, aunque con un patrón rítmico similar. Por lo general, la percepción musical se hallaba en este paciente severamente limitada. El paciente tampoco podía leer palabras, aunque sí conservaba la capacidad de leer partituras musicales e interpretarlas de forma correcta. Souques y Baruk (1930) creían que este caso, y otros similares, permitían postular que el lenguaje y la música están relacionados con sistemas cerebrales diferentes.

Al comparar la producción de un escritor, un músico y un pintor antes y después del inicio de sus respectivas afasias, Alajouanine (1948) trató de determinar si este cuadro neurológico tiene un impacto sobre el trabajo de grandes artistas en diferentes dominios. Su análisis reveló que el daño cerebral había eliminado casi por completo las capacidades creativas del escritor y del músico, pero no las del pintor. Esto parecía indicar que la afasia es especialmente devastadora cuando los medios expresivos de los artistas requieren del lenguaje o de un sistema simbólico mediado por el lenguaje, como la notación musical. Sin embargo, la sensibilidad estética parecía intacta en los tres artistas, así como su capacidad para detectar los errores de composición en sus propios dominios.

Luria, Tsvetkova y Futer (1965) estudiaron los efectos de una lesión vascular que afectaba a las regiones del habla del hemisferio izquierdo que sufrió un gran compositor. Sus resultados sugieren que, en algunos casos al menos, las capacidades y la creatividad musicales pueden conservarse a pesar de un severo trastorno en el lenguaje. Los estudios de Gourevitch (1967) y Zaimov, Kitov y Kolev (1969) sugieren que lo mismo cabría decir de los casos en las que las habilidades expresivas se dan a través de la modalidad visual. Gourevitch (1967) describió el caso de un profesor de arte que había sufrido un infarto en el hemisferio izquierdo que le dejó afásico, pero que continuaba comunicándose activamente usando diseños y símbolos gráficos, lo que sugería que se podía continuar dibujando, incluso a pesar de padecer un cuadro grave de afasia. Zaimov y sus colegas (1969) describieron el caso del pintor búlgaro Zlatyo Boyadjiev, quien también había sufrido un infarto en el hemisferio izquierdo, produciéndole una hemiplejia en el lado derecho del cuerpo y una afasia principalmente expresiva. Para poder volver a su trabajo tuvo que aprender a pintar con su mano izquierda, lo que causó una impresionante alteración en su estilo. Además de la simplificación de las formas, atribuible a su cambio de mano de trabajo, empezó a usar colores vivos y pasó de tratar temas naturales a trabajar temas irreales y a usar imágenes extrañas, un nuevo estilo valorado positivamente por los críticos. Incluso dos años tras el infarto, sin embargo, su vocabulario incluía menos de cien palabras.

El inicio de la neuroestética actual

A pesar de su gran interés, estas "anécdotas informativas" (Chatterjee, 2011), junto con algunos informes sobre el impacto de diversas formas de demencia sobre las actividades artísticas y estéticas, fueron en ocasiones descritas en términos ambiguos o imprecisos, y era di-

fícil valorar sus implicaciones en ausencia de un marco teórico adecuado. Sólo una vez que estos casos fueron reunidos y analizados de forma conjunta por Bäzner y Hennerici (2006), Bogousslavsky (2005), Bogousslavsky y Boller (2005), Bogousslavsky y Hennerici (2007), Chatterjee (2004, 2006), Miller y Hou (2004) y Zaidel (2005, 2010), se ha podido llegar a conclusiones significativas acerca del impacto de diferentes cuadros neurológicos sobre las actividades artísticas y estéticas (Cela-Conde, Agnati, Huston, Mora y Nadal, 2011).

Los avances producidos en las técnicas no invasivas de estudio de la actividad cerebral, las técnicas de neuroimagen, durante la segunda mitad del siglo XX y a lo largo del XXI, han permitido a los investigadores seguir edificando el conocimiento de las bases neuronales de las experiencias estéticas. Los estudios de personas sanas en situaciones controladas nos permiten correlacionar la apreciación y disfrute de la música, la pintura, la arquitectura, la escultura y la danza con la actividad de varias regiones del cerebro. En los últimos años, el campo ha crecido y se ha diversificado de manera espectacular (Chatterjee, 2011). Debido a su naturaleza inherentemente interdisciplinar, la neuroestética ha emergido del trabajo de investigadores que tienen trayectorias, intereses y prioridades muy diferentes. Como resultado, la neuroestética es hoy un campo vivo en el que se investigan cuestiones muy diversas, se usan diferentes métodos, se tienen opiniones dispares acerca de su identidad e incluso su valor (Nadal y Pearce, 2011). Podríamos definir la neuroestética, en su sentido más amplio, como el estudio del sustrato neurobiológico y la historia evolutiva de los procesos cognitivos y afectivos implicados en las experiencias estéticas y artísticas y otras actividades creativas.

¿Qué nos ha enseñado la neuroestética?

El estudio de lesiones cerebrales y enfermedades neurodegenerativas

Como hemos mencionado más arriba, los trabajos de Bäzner y Hennerici (2006), Bogousslavsky (2005), Bogousslavsky y Boller (2005), Bogousslavsky y Hennerici (2007), Chatterjee (2004, 2006), Miller y Hou (2004) y Zaidel (2005, 2010) nos han permitido sacar algunas conclusiones generales de los estudios de casos únicos de pacientes que padecían lesiones cerebrales o enfermedades neurodegenerativas.

Observaciones generales

A pesar de su gran competencia viso-motora o musical, los artistas son vulnerables a los mismos déficits neuropsicológicos de tipo visual, motor, auditivo y cognitivo que afectan a otras personas. La diferencia, en palabras de Chatterje (2004), estriba en que los artistas manifiestan estos déficits de maneras sorprendentemente elocuentes. Muchos de los artistas que se han estudiado continuaron sintiéndose motivados artísticamente, siguieron siendo productivos y expresivos tras el inicio de la sintomatología neuropsicológica. Se suele preservar, en cierto grado, el estilo personal, probablemente debido a los años que han pasado practicando sus habilidades (Zaidel, 2005). No existe relación directa entre el padecimiento de ciertos cuadros neuropsicológicos y el empobrecimiento de la calidad de la producción artística. Chatterje (2004,

2006) incluso hace referencia a algunos casos en los que los críticos valoraron positivamente los resultados estéticos del cambio a raíz de la lesión o enfermedad.

El efecto de los infartos sobre la producción artística

Es habitual que se aprecie un cambio evidente en el trabajo de los artistas que han sufrido un infarto. Muchos de ellos vuelven a trabajar en su dominio creativo, pero sólo tras superar diversos tipos de discapacidad. Algunos de estos artistas tuvieron que cambiar de trabajar con su mano dominante a trabajar con la no dominante (Bäzner y Hennerici, 2006). Aunque se pueden constatar alteraciones en la producción de los artistas tras lesiones en cualquiera de los dos hemisferios (Zaidel, 2005), es más frecuente observar negligencia y distorsión en la representación de las caras en las obras de artistas que han sufrido un infarto en el hemisferio derecho (Bäzner y Hennerici, 2006).

El impacto de la agnosia visual

El efecto específico de la agnosia visual sobre la creación de los artistas depende en gran medida de si los problemas de reconocimiento de los objetos están relacionados con sus rasgos perceptivos o conceptuales (Chatterjee, 2004a). En el primer caso, los artistas tienden a no completar la forma global y composición de los objetos pintados, pero quizás incluyan algunos de sus rasgos más notorios. En el segundo caso, los artistas retienen la capacidad de dibujar si pueden copiar de un modelo, pero parecen ser absolutamente incapaces cuando se les pide que dibujen de memoria y tienen que valerse de su conocimiento del mundo.

El impacto de la afasia

Bäzner y Hennerici (2006) afirman que hay poca evidencia que indique un impacto significativo de la afasia sobre la creación del arte visual, lo que sugiere que la producción verbal y visual podrían estar relacionadas con diferentes canales de expresión. Sin embargo, las revisiones de Bogousslavsky (2005) y Chatterjee (2004a) indicaron que mientras que la producción de algunos artistas afásicos parece no verse afectada, otros artistas devienen más expresivos, mientras que otros empiezan a producir trabajos con contenidos nuevos. Estas contradicciones parecen, pues, indicar que la afasia constituye un síndrome demasiado amplio como para entender las bases de la creación artística y estética.

El impacto de las enfermedades neurodegenerativas

Los artistas que padecen de la enfermedad de Alzheimer tienden a perder de forma gradual la habilidad para representar el mundo con precisión, pero suelen conservar la capacidad para hacer uso del color y la forma de maneras estéticamente agradables (Miller y Hou, 2004). Chatterjee (2004a) observó que la producción de estos artistas continúa sólo como parte de las rutinas generales que los artistas han realizado a lo largo de sus vidas, y sólo si otras personas de su entorno aportan los medios necesarios para hacerlos. Algunos pacientes con una forma específica de demencia frontotemporal, conocida como demencia semántica, relacionada con una degeneración neuronal en el lóbulo temporal anterior izquierdo, muestran un nuevo interés en la creación artística. Estos pacientes, la mayoría de los cuales jamás pintó antes de

la enfermedad, se implican en su actividad pictórica de manera compulsiva, en brotes espontáneos de producción creativa, a menudo pintando motivos repetitivos, lo que lleva a mejoras progresivas en su producción. Sus cuadros son a menudo realistas y carentes de simbolismo o elementos abstractos (Miller y Hou, 2004).

Otros cuadros neurológicos

Chatterjee (2004a) presentó evidencia que muestra que en algunos artistas la epilepsia o la migraña han incrementado la variedad de elementos visuales de los que hacen uso, y que esos elementos también les han servido de inspiración para su trabajo creativo.

Estas observaciones revelan que los diversos síndromes neurológicos pueden tener distintos –e incluso distintivos– efectos sobre la creación artística. Pero, ¿qué hay del otro lado de la moneda, la apreciación de la obra? ¿Pueden casos parecidos informarnos acerca de las bases biológicas de la apreciación estética? Dado que se han llevado a cabo muy pocos estudios sobre esta cuestión, y que los resultados tienen un carácter eminentemente anecdótico, no podemos, en estos momentos, dar una respuesta detallada a estas preguntas. Sólo podemos aportar una visión tentativa y provisional.

El efecto de infartos sobre la apreciación del arte

Griffiths, Warren, Dean y Howard (2004) describieron a un paciente que sufrió un infarto que le dejó incapaz de sentir emociones cuando escuchaba música. La lesión afectó principalmente al córtex insular del hemisferio izquierdo, pero se extendía también hacia el córtex frontal izquierdo y la amígdala del mismo hemisferio. El paciente recuperó el habla, inicialmente afectada, tras 12 meses. Sin embargo, aunque conservaba su capacidad para percibir los diversos componentes de la música, como el tono o el ritmo, un año y medio tras el infarto el paciente todavía carecía de reacciones emocionales frente a la música, a pesar de que durante ese tiempo pudo disfrutar de otras actividades. Estas observaciones llevaron a los autores a plantear que los componentes perceptivos y emocionales del procesamiento musical dependen funcional o anatómicamente de redes neuronales diferentes, y que el córtex insular es una pieza crucial de los mecanismos neurobiológicos que subyacen a la respuesta emocional a la música.

El impacto de enfermedades neurodegenerativas sobre la apreciación del arte

Halpern, Ly, Elkin-Frankston y O'Connor (2008) hallaron que la preferencia de pacientes de Alzheimer sin educación artística específica por obras de arte visual era altamente consistente en presentaciones repetidas, a pesar de que estos pacientes no eran capaces de recordar que habían visto los cuadros en ocasiones anteriores. Parece, por tanto, que la degeneración neuronal que causa el Alzheimer no impide que estos pacientes expresen su preferencia estética, y que sus preferencias son tan estables en el tiempo como las de personas sanas de su misma edad. Por otro lado, hay dos estudios que describen cambios importantes en las preferencias musicales en pacientes con demencia frontotemporal (Boeve y Geda, 2001; Geroldi *et al.,* 2000). Estos pacientes em-

pezaron a escuchar un tipo de música de la que anteriormente no habían disfrutado, y lo hacían ahora de manera compulsiva durante muchas horas seguidas.

El impacto de otros cuadros neurológicos sobre la apreciación del arte

Sellal *et al.* (2003) presentaron un caso de un paciente con epilepsia al que se le resecó el lóbulo temporal, dejando intacto sólo el hipocampo, el giro parahipocampal y la amígdala. Este caso es interesante porque la región eliminada por los neurocirujanos corresponde aproximadamente a la que se degenera en la forma de demencia frontotemporal mencionada más arriba. Durante el primer año tras la intervención, el paciente se percató de que ya no disfrutaba de escuchar música rock, y que ahora prefería el canto polifónico celta o corso. Sus gustos literarios también cambiaron, en este caso de ciencia ficción a novelas de carácter kafkiano. Los autores describen cómo el paciente también empezó a expresar una mayor preferencia por la pintura realista, disfrutando de los pequeños detalles que antes le pasaban desapercibidos. Estos cambios en su preferencia por los estilos artísticos contrastan con su preferencia por la comida, la moda o los rostros, que no se vio alterada.

El impacto de lesiones en la amígdala sobre la apreciación del arte

Dos estudios dejaron patente el papel crucial que juegan en la apreciación estética las estructuras subcorticales relacionadas con el procesamiento emocional. El estudio de Adolphs y Tranel (1999) reveló diferencias significativas en la preferencia por estímulos visuales entre dos pacientes con daño bilateral en la amígdala y un grupo de participantes sanos. Los dos pacientes expresaron una mayor preferencia por formas geométricas, paisajes y composiciones de colores que los participantes control. Sin embargo, esta diferencia era mucho mayor en el caso de los estímulos peor valorados por los participantes sanos, lo que sugiere que el papel de la amígdala puede ser especialmente relevante en el reconocimiento de objetos que nos disgustan. El estudio de las preferencias musicales de una paciente con una lesión bilateral casi exclusivamente en la amígdala produjo resultados muy similares (Gosselin *et al.,* 2006). En este caso, aunque la paciente podía procesar correctamente los elementos musicales, incluso el tiempo y el modo, mostraba una incapacidad selectiva a la hora de reconocer música triste y de miedo, pero no a la hora de reconocer música alegre. Por tanto, parece que la amígdala interviene en los procesos afectivos que subyacen a la preferencia estética, especialmente cuando no nos gusta algo y en relación a estímulos de valencia emocional negativa.

El uso de técnicas de neuroimagen

Con los avances en la metodología y la precisión de las técnicas de neuroimagen se ha abierto un nuevo frente para la descripción de los mecanismos neuronales implicados en la apreciación estética. Cuatro estudios de neuroimagen sentaron las bases de nuestro conocimiento sobre los fundamentos neuronales de la apreciación estética. Kawabata y Zeki (2004) usaron la técnica de resonancia magnética funcional (fMRI, según sus siglas en inglés) para registrar la actividad cerebral de participantes a los que pedían que va-

lorasen la belleza de un conjunto de estímulos visuales. Sus resultados mostraron que se daba una actividad diferencial en el córtex orbitofrontal cuando los estímulos eran clasificados como bellos, mientras que cuando los estímulos eran valorados como feos, la actividad en el córtex motor era mayor. También mediante fMRI, Vartanian y Goel (2004) hallaron actividad diferencial en el núcleo caudado, el giro cingulado anterior y los giros occipitales con la preferencia de los participantes por los estímulos presentados. El mismo año, Cela-Conde *et al.* (2004), en este caso mediante magnetoencefalografía (MEG), encontraron que, entre los 400 y 1.000 milisegundos tras la presentación de estímulos valorados como bellos, la actividad en el córtex prefrontal dorsolateral se incrementaba. Por su parte, Jacobsen, Schubotz, Höfel y Von Cramon (2006) identificaron con fMRI una relación entre valoración de la belleza y actividad neuronal en el polo frontal, el giro frontal inferior y el polo temporal.

Así pues, cuatro estudios diseñados con el objetivo de identificar los correlatos neuronales de la apreciación estética hallaron cuatro patrones de resultados radicalmente diferentes. Ninguna de las áreas mencionadas por un estudio es mencionada en ningún otro. Sin embargo, las regiones cerebrales identificadas por cada investigación no tienen por qué actuar de forma aislada. De hecho ninguno de los autores afirmó tal cosa. Es más, con gran probabilidad la diversidad de resultados indica la complejidad de los procesos subyacentes a la apreciación de la belleza. Múltiples sistemas cognitivos y afectivos podrían estar actuando de forma coordinada en la capacidad de juicio estético. Ciertos aspectos de los diseños experimentales y los procedimientos de cada uno de los cuatro estudios pueden haberles llevado a captar sólo una imagen parcial de las complejas bases neuronales de la apreciación estética, tal como han apuntado Nadal, Munar, Capó, Rosselló y Cela-Conde (2008).

No obstante, si lo que queremos es comprender las bases neuronales de la apreciación estética, y poder ir más allá de la mera relación de regiones cerebrales implicadas, necesitamos poder dar sentido a la actividad cerebral, relacionándola con los procesos cognitivos que constituyen la experiencia estética. El modelo elaborado por Chatterjee (2004b) especifica cuáles son estos procesos y cómo se relacionan entre sí. Dicho modelo explica la apreciación de la belleza visual como resultado de la interacción de un conjunto de procesos cognitivos y afectivos. En primer lugar se producen los procesos visuales tempranos en los que el cerebro divide el estímulo en sus componentes más simples (el color, las líneas, los ángulos, las formas...), y se analizan en regiones cerebrales específicas. Una segunda etapa consiste en procesos visuales intermedios que agrupan ciertos elementos y segregan otros con el objetivo de formar representaciones coherentes. Con posterioridad, se seleccionan algunas partes del estímulo y se procesan con mayor detalle. En ese momento se activa la información almacenada en la memoria, de forma que un sistema representacional nos permite reconocer objetos y asociarlos con significados. Este análisis visual, a su vez, produce emociones asociadas con la experiencia estética y aporta los cimientos para formular un juicio estético. Además, este

modelo también incluye una retroalimentación de información, pues a través de procesos relacionados con la atención, el sistema no es unidireccional, sino que la información también viaja desde niveles de procesamiento visual tardíos y desde los sistemas afectivos hacia etapas de procesamiento más tempranas.

De esta forma, a partir del conocimiento actual sobre los correlatos neurales de procesos cognitivos y afectivos, podemos usar el modelo elaborado por Chatterjee (2004b) para ofrecer una interpretación funcional global de los resultados de los cuatro estudios comentados arriba e intentar dilucidar el sustrato neuronal de la apreciación estética. Así pues, parece que los procesos afectivos implicados en la apreciación estética están mediados por ciertas regiones del córtex orbitofrontal, como sugieren los resultados de Kawabata y Zeki (2004), y el núcleo caudado y el córtex cingulado anterior, como apunta el estudio de Vartanian y Goel (2004). Por otra parte, de acuerdo con el trabajo de Jacobsen *et al.* (2006), el reconocimiento del estímulo visual y la atribución de un significado durante el proceso de apreciación estética se relacionan con actividad en el giro frontal inferior y el polo temporal. En cuanto al proceso de toma de decisión acerca de la belleza, podríamos apuntar que está relacionado con actividad en el córtex prefrontal dorsolateral y frontomedial, a juzgar por los estudios de los grupos de Cela-Conde *et al.* (2004) y Jacobsen *et al.* (2006). Finalmente, hay evidencia de que el procesamiento visual temprano se incrementa con la decisión, como demuestra la activación del córtex occipital en el estudio de Vartanian y Goel (2004), probablemente debido a los factores atencionales propuestos por el modelo teórico.

Así, la conclusión que cabe extraer del conjunto de estos primeros estudios es que solamente integrando los resultados de los diversos estudios podemos vislumbrar la imagen global de los mecanismos neuronales que subyacen a la apreciación estética. Dichos estudios, junto con los modelos psicológicos basados en un amplio abanico de hallazgos experimentales, apuntan a la idea de que la apreciación estética no es un único proceso cognitivo ni descansa sobre un mecanismo neuronal único e indivisible. Más bien indican que se trata del resultado de varios procesos cognitivos y afectivos relacionados con diversos aspectos de la imagen. Más todavía, ni los experimentos psicológicos ni los estudios de neuroimagen han hallado evidencia de mecanismos cognitivos o neuronales que se dediquen especial o exclusivamente a la apreciación de la belleza.

Desde el año 2006 se han publicado numerosos estudios de neuroimagen que tratan de esclarecer los mecanismos neurobiológicos implicados en la apreciación del arte y de las experiencias estéticas. Tal y como habían anticipado Burke (1757), Marshall (1893) y Allen (1877), estos recientes estudios de neuroimagen revelan que la valoración estética descansa en parte en redes neuronales que constituyen el circuito de refuerzo, implicado en muchos otros placeres. Sin embargo, más que con un mecanismo hedónico simple, las experiencias estéticas positivas parecen estar relacionadas con regiones corticales (cingulado anterior, orbitofrontal y ventromedial) y subcorticales (núcleo caudado, substantia nigra y núcleo accumbens) que participan en diversos aspectos

del refuerzo, así como algunos de los elementos reguladores de este circuito (amígdala, tálamo e hipocampo) (Blood y Zatorre, 2001; Blood, Zatorre, Bermúdez y Evans, 1999), (Cupchik, Vartanian, Crawley y Mikulis, 2009; Kawabata y Zeki, 2004; Kirk, Harvey y Montague, 2011; Kirk, Skov, Christensen y Nygaard, 2009; Kirk, Skov, Hulme, Christensen y Zeki, 2009; Kranz y Ishai, 2006; Vartanian y Goel, 2004). Estos estudios han demostrado que en la apreciación del arte y en las experiencias estéticas entra en juego una compleja interacción de procesos neuronales relacionados con la representación del valor reforzador, la predicción y anticipación del refuerzo, la monitorización del propio estado afectivo, las emociones y la generación de sensaciones placenteras. Sabemos, además, que el placer no es el fin de la historia. La apreciación estética implica también otros dos tipos de actividad cerebral (Nadal y Pearce, 2011): i) un incremento de la actividad cortical relacionada con el procesamiento sensorial de medio y alto nivel en las modalidades visuales, auditivas y somatosensoriales frente a obras de pintura, de música y de danza, respectivamente (Calvo-Merino, Ehrenberg, Leung y Haggard, 2010; Calvo-Merino, Jola, Glaser y Haggard, 2008; Cela-Conde *et al.,* 2009; Cupchik *et al.,* 2009; Vartanian y Goel, 2004); ii) un incremento de la actividad cortical de alto nivel relacionada con el procesamiento descendente y el juicio evaluativo, incluyendo el córtex prefrontal medial anterior, así como los aspectos ventrales y dorsales del córtex prefrontal lateral (Cela-Conde *et al.,* 2004; Cupchik *et al.,* 2009; Jacobsen *et al.,* 2006).

Vislumbrando las bases biológicas de la creatividad

Todos los organismos vivos son creativos, desde las cianobacterias, que contribuyeron a crear una atmósfera compuesta en su quinta parte por O_2, hasta los castores, que crean presas con el fin de protegerse de sus depredadores y para facilitarse la obtención de alimento. Los organismos no se encuentran pasivamente a merced de su entorno, más bien son activos creadores de su nicho ecológico, y pueden llegar a tener un profundo efecto sobre su entorno y el de otros organismos (Odling-Smee, Laland y Feldman, 2003). La creatividad de la mayoría de plantas y animales deriva, sin embargo, de su actividad fisiológica y bioquímica o de comportamientos estereotipados rígidamente elicitados por estímulos desencadenantes, y suele manifestarse en un dominio muy específico. La comunicación de las abejas es sin duda creativa, en el sentido que pueden crear nuevos mensajes, pero estos se limitan exclusivamente a ubicar fuentes de néctar y polen. Lo que caracteriza a la creatividad humana es la extraordinaria flexibilidad con la que se manifiesta, la potencial infinidad de dominios en la que se puede expresar y la intencionalidad de la actividad creadora. Uno de los dominios en los que se hace más patente este tipo de creatividad es el lenguaje humano, cuyo "aspecto creativo" viene definido, como enfatizó Noam Chomsky (1966), precisamente por su alcance indefinido y su libertad frente a la influencia de los estímulos. Esta clase de creatividad –flexible, intencional y no sujeta al entorno inmediato– es, pues, inherente a la constitución biológica del ser humano.

El registro arqueológico sugiere que nuestra especie fue creativa desde sus inicios: creó nuevos sistemas de intercambio económico, de fabricar herramientas, de cazar, de pescar, y creó todo un universo de símbolos que llevó a nuestros antepasados a decorar sus cuerpos con pigmentos y ornamentos, a decorar sus instrumentos con grabados, y a decorar las tumbas de sus muertos. Uno de los episodios más fascinantes de la historia de nuestro linaje fue el que dio lugar a la posibilidad de transformar meros objetos, hallados o creados, en símbolos cargados de significado. Sin embargo, lo que hoy llamaríamos creatividad artística emergió como uno más entre otros muchos dominios a través de los cuales nuestros primeros antepasados humanos expresaron, de manera flexible e intencional, su creatividad.

¿Qué aspectos de nuestra neurobiología dan lugar a esta flexible, ubicua e intencional creatividad de la que es capaz el ser humano? En este capítulo hemos tratado de mostrar cómo se ha construido el conocimiento actual sobre las bases neurobiológicas de las actividades artísticas y estéticas, y aportar una visión actualizada sobre las mismas. Si algo merece subrayarse es que la creatividad artística, y presumiblemente la creatividad en cualquier otro dominio, no está relacionada estrictamente con ninguna región concreta del cerebro. No conocemos ninguna evidencia que sugiera la existencia de un centro cerebral del arte, de la estética o de la creatividad. Más bien, el estudio de los efectos de diversos tipos de lesiones cerebrales y enfermedades neurodegenerativas sugiere que la creatividad emerge a raíz de la interacción de sistemas neuronales ampliamente distribuidos en el cerebro. Es más, estos estudios parecen apuntar que la creatividad es un ingrediente tan esencial del ser humano que puede seguir manifestándose a pesar de graves lesiones o una considerable degeneración.

Los recientes trabajos con técnicas de neuroimagen no sólo han confirmado la implicación de regiones distribuidas del cerebro en tareas artísticas y creativas, sino que han permitido afinar más en la caracterización estructural y funcional de estas regiones. Como hemos mencionado más arriba, las actividades artísticas y creativas implican regiones del cerebro relacionadas con la toma de decisiones, la percepción, la memoria, la atención, las emociones, etc. Curiosamente, ninguna de estas regiones participa de manera exclusiva en este tipo de tareas, y ninguna de estas regiones aparece de manera exclusiva en el ser humano. La creatividad en el arte y en otros dominios de expresión humana es el resultado de la acción integrada de procesos cognitivos y afectivos que participan en numerosas actividades no creativas, y que nuestra especie ha heredado de sus antepasados primates.

Habiendo constatado cuáles son las piezas básicas del rompecabezas, y habiendo comprendido sus funciones básicas, la incógnita de la creatividad humana que queda todavía por disipar, pues, se refiere a la manera en la que se produce su interacción. Resolver ese misterio pasa por seguir estudiando la manera en la que los cambios en la conectividad neuronal, especialmente en las áreas de asociación y entre estas y otras regiones del cerebro, ocurridos a lo largo de la evolución de nuestro linaje, están relacionados con nuestras capacidades para integrar, recombinar, transformar y abs-

traer información, que, sin duda, son el motor de nuestra ubicua, flexible e intencional creatividad.

Bibliografía recomendada

Adolphs R, Tranel D. Preferences for visual stimuli following amygdala damage. Journal of Cognitive Neuroscience 1999; 11:610-6.

Alajouanine T. Aphasia and artistic realization. Brain 1948; 71:229-41.

Albert RS, Runco MA. A history of research on creativity. In R. J. Sternberg (Ed.), Handbook of creativity. New York: Cambridge University Press, 1999; 16-31

Allen G. Physiological aesthetics. London: Henry S. King & Co, 1877.

Ambrose SH. Paleolithic Technology and Human Evolution. Science 2001; 291:1.748-53.

Anderson RL. Art in small-scale societies (2nd ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1989.

Anderson RA. Calliope's sisters. A comparative study of philosophies of art (2 ed.). Upper Saddle River, JN: Pearson Prentice Hall, 2004.

Bäzner H, Hennerici M. Stroke in painters. In F. C. Rose (Ed.). The Neurobiology of painting. International Review of Neurobiology. San Diego: Academic Press, 2006; 74:165-91

Blood AJ, Zatorre RJ. Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 2001; 98:11.818-23.

Blood AJ, Zatorre RJ, Bermúdez P, Evans AC. Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions. Nature Neuroscience 1999; 2:382-7.

Boeve BF, Geda YE. Polka music and semantic dementia. Neurology 2001; 57:1.485.

Bogousslavsky J. Artistic Creativity, Style and Brain Disorders. European Neurology 2005; 54:103-11.

Bogousslavsky J, Boller F (Eds.). Neurological disorders in famous artists. Basel: Krager, 2005; 19.

Bogousslavsky J, Hennerici MG (Eds.). Neurological disorders in famous artists. Basel: Krager, 2007; 22(part. 2).

Burke E. A Philosophical Enquiry into the Origin of our Ideas of the Sublime and the Beautiful. London: Dodsley, 1757.

Calvo-Merino B, Ehrenberg S, Leung D, Haggard P. Experts see it all: configural effects in action observation. Psychological Research 2010; 74:400-6.

Calvo-Merino B, Jola C, Glaser DE, Haggard P. Towards a sensorimotor aesthetics of performing art. Consciousness and Cognition 2008; 17:911-22.

Carroll N. Aesthetic experience, art and artists. In R. Shusterman & A. Tomlin (Eds.), Aesthetic Experience. New York: Routledge, 2008; 145-65.

Cela-Conde CJ, Agnati L, Huston JP, Mora F, Nadal M. The neural foundations of aesthetic appreciation. Progress in Neurobiology 2011; 94:39-48.

Cela-Conde CJ. Ayala FJ, Munar E, Maestú F, Nadal M, Capó MA. Sex-related similarities and differences in the neural correlates of beauty. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 2009; 106:3.847-52.

Cela-Conde CJ, Marty G, Maestú F, Ortiz T, Munar E, Fernández A. Activation of the prefrontal cortex in the human visual aesthetic perception. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 2004; 101:6.321-5.

Chatterjee A. The neuropsychology of visual artistic production. Neuropsychologia 2004; 42:1.568-83.

Chatterjee A. Prospects for a Cognitive Neuroscience of Visual Aesthetics. Bulletin of Psychology of the Arts 2004b; 4:55-60.

Chatterjee A. The neuropsychology of visual art: Conferring capacity. International Review of Neurobiology 2006; 74:39-49.

Chatterjee A. Neuroaesthetics: A coming of age story. Journal of Cognitive Neuroscience 2011; 23:53-62.

Chomsky N. Cartesian linguistics: A chapter in the history of rationalist thought. New York: Harper & Row, 1966.

Cupchik GC, Vartanian O, Crawley A, Mikulis, DJ. Viewing artworks: Contributions of cognitive control and perceptual facilitation to aesthetic experience. Brain and Cognition 2009; 70:84-91.

Dissanayake E. What is art for? Seattle, WA: University of Washington Press, 1988.

Dissanayake E. Homo Aestheticus: Where art comes from and why. New york: Free Press, 1992.

Dissanayake E. Art and Intimacy: How the Arts Began. Seattle: University of Washington Press, 2000.

Dupré E, Nathan M. Le langage musical: Étude médico-psychologique. Paris: Maisons Félix Alcan et Guillaumin Réunies, 1911.

Geroldi C, Metitieri T, Binetti G, Zanetti O, Trabucchi M, Frisoni GB. Pop music and frontotemporal dementia. Neurology 2000; 55:1.935-6.

Gosselin N, Samson S, Adolphs R, Noulhiane M, Roy M, Hasboun D. Emotional responses to unpleasant music correlates with damage to parahippocampal cortex. Brain 2006; 129:2.585-92.

Gourevitch G. Un aphasique s'exprime par le dessin. L'Encephale 1967; 56:52-68.

Griffiths TD, Warren JD, Dean JL, Howard D. When the feeling's gone: a selective loss of musical emotion. Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry 2004; 75:341-5.

Halpern AR, Ly J, Elkin-Frankston S, O'Connor MG. "I know what I like": Stability of aesthetic preference in Alzheimer's patients. Brain and Cognition 2008; 66:65-72.

Hennessey BA, Amabile TM. Creativity. Annual Review of Psychology 2010; 61:569-98.

Henshilwood CS, Marean CW. The origin of modern human behavior. Current Anthropology 2003; 44:627-51.

Jacobsen T, Schubotz RI, Höfel L, Von Cramon DY. Brain correlates of aesthetic judgment of beauty. Neuroimage 2006; 29:276-85.

Kaufman JC, Beghetto RA. Beyond big and little: The four c model of creativity. Review of General Psychology 2009; 13:1-12.

Kawabata H, Zeki S. Neural Correlates of Beauty. Journal of Neurophysiology 2004; 91:1.699-705.

Kirk U, Harvey A, Montague PR. Domain expertise insulates against judgment bias by monetary favors through a modulation of ventromedial prefrontal cortex. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 2011; 108:10.332-6.

Kirk U, Skov M, Christensen MS, Nygaard N. Brain correlates of aesthetic expertise: A parametric fMRI study. Brain and Cognition 2009; 69:306-15.

Kirk U, Skov M, Hulme O, Christensen MS, Zeki S. Modulation of aesthetic value by semantic context: An fMRI study. Neuroimage 2009; 44:1.125-32.

Klein RG. Anatomy, behavior, and modern human origins. Journal of World Prehistory 1995; 9:167-98.

Kranz F, Ishai A. Face perception is modulated by sexual preference. Current Biology 2006; 16:63-8.

Luria AR, Tsvetkova LS, Futer DS. Aphasia in a composer (V. G. Shebalin). Journal of the Neurological Sciences 1965; 2:288-92.

Marshall HR. Hedonic aesthetics. Mind 1893; 2:15-41.

Marshall HR. Pain, pleasure and aesthetics. An essay concerning the psychology of pain and pleasure with special reference to aesthetics. London: Macmillan and Co, 1894.

Mayer RE. Fifty years of creativity research. In R. J. Sternberg (Ed.), Handbook of creativity. New York: Cambridge University Press, 1999; 449-60.

McBrearty S, Brooks A. The revolution that wasn't: a new interpretation of the origins of modern human behavior. Journal of Human Evolution 2000; 39:453-563.

Mellars PA. Cognitive changes and the emergence of modern humans in Europe. Cambridge Archaeological Journal 1991; 1:63-76.

Miller BL, Hou CE. Portraits of Artists. Emergence of Visual Creativity in Dementia. Archives of Neurology 2004; 61:842-4.

Mithen S (Ed.). Creativity in Human Evolution and Prehistory. London: Routledge, 1998.

Morriss-Kay GM. The evolution of human artistic creativity. Journal of Anatomy 2010; 216:158-76.

Nadal M, Pearce MT. The Copenhagen Neuroaesthetics conference: Prospects and pitfalls for an emerging field. Brain and Cognition 2011; 76:172-83.

Nadal M, Munar E, Capó MA, Rosselló J, Cela-Conde CJ. Towards a framework for the study of the neural correlates of aesthetic preference. Spatial Vision 2008; 21:379-96.

Odling-Smee JF, Laland KN, Feldman MW. Niche Construction: The Neglected Process in Evolution. New Jersey: Princeton University Press, 2003.

Price U. Essays on the picturesque, as compared with the sublime and the beautiful; and, on the use of studying pictures, for the purpose of improving real landscape. London: J. Mawman, 1810; vol. 1.

Richerson P, Boyd R. Not By Genes Alone. How Culture Transformed Human Evolution. Chicago, IL: Chicago University Press, 2006.

Runco MA. Creativity, Definition. In B. Kerr (Ed.), Encyclopedia of giftedness, creativity, and talent. Thousand Oaks, CA: SAGE, 2009; 1:200-2.

Sellal F, Andriantseheno M, Vercueil L, Hirsch E, Kahane P, Pellat J. Dramatic changes in artistic preference after left temporal lobectomy. Epilepsy & Behavior 2003; 4:449-50.

Shiner L. The invention of Art: A cultural history. Chicago: University of Chicago Press, 2011.

Silver HR. Ethnoart. Annual Review of Anthropology 1979; 8:267-307.

Souques A, Baruk H. Autopsie d'un cas d'amusie (avec aphasie) chez un professeur de piano. Revue Neurologique 1930; 1:545-56.

Sternberg RJ, Kaufman JC, Pretz JE. The creativity conundrum. New York: Psychology Press, 2002.

Sweller J, Brian HR. Evolution of human cognitive architecture. In Psychology of Learning and Motivation: Academic Press, 2003; 43:215-66.

Tatarkiewicz W. Classification of Arts in Antiquity. Journal of the History of Ideas 1963; 24:231-40.

Tatarkiewicz W. What is art? The problem of definition today. British Journal of Aesthetics 1971; 11:134-53.

Tatarkiewicz W. A History of Six Ideas: an Essay in Aesthetics. The Hague: Martinus Nijhoff, 1980.

Tomasello M. The Cultural Origins of Human Cognition. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1999.

Van Damme W. Beauty in context. Towards an anthropological approach to aesthetics. Leiden: Brill, 1996.

Vartanian O, Goel V. Neuroanatomical correlates of aesthetic preference for paintings. Neuroreport 2004; 15:893-7.

Webb D. Observations on the correspondence between poetry and music. Dublin: J. Williams, 1769.

Zaidel DW. Neuropsychology of Art: Neurological, Cognitive, and Evolutionary Perspectives. Hove, England: Psychology Press, 2005.

Zaidel DW. Art and brain: Insights from neuropsychology, biology and evolution. Journal of Anatomy 2010; 216:177-83.

Zaimov K, Kitov D, Kolev N. Aphasie chez un peintre. Encephale 1969; 58:377-417.

Zeki S. Inner Vision. An Exploration of Art and the Brain. Oxford: Oxford University Press, 1999.

Zeki S. Artistic creativity and the brain. Science 2001; 293:51-2.

Zeki S. The neurology of ambiguity. Consciousness and Cognition 2004; 13:173-96.

Zeki S, Lamb M. The neurology of kinetic art. Brain 1994; 117:607-36.

Los límites de la cordura

Dr. Vicente Molina Rodríguez

El tema de esta ponencia es el de la naturaleza de la enfermedad mental grave, la que solemos denominar psicosis y que se define por la pérdida de contacto de los productos del sujeto mentales y la realidad objetiva a que deberían corresponder. Mi idea central es que para entender mejor las psicosis hemos de abandonar la noción categórica que las separa netamente de la salud mental. Con esto no quiero decir que aquellas no existan o que sean meramente intercambiables con la normalidad, ni que no precisen tratamiento. Más bien quiero decir que si tras siglos de investigación no hemos sido capaces de encontrar su sustrato biológico es que posiblemente estemos buscando de modo conceptualmente erróneo. En otras palabras, mi argumento es que las categorías con que definimos las psicosis de acuerdo a las actuales clasificaciones internacionales de enfermedades (esquizofrenia, trastorno bipolar…) no existen como tales en la naturaleza. Aunque sobre ello hay un acuerdo creciente, paradójicamente seguimos asumiendo que mediante nuestra investigación encontraremos los sustratos de tales categorías, lo que es probablemente imposible.

Creatividad frente a locura

La creatividad puede considerarse como una de las capacidades humanas que nos permite concebir realidades diferentes, o conceptuar la realidad "objetiva" de modos nuevos y generalmente útiles. Esto puede darse en el campo artístico, como la nueva y radical manera con que Picasso veía a las señoritas de Avignon o en el científico, permitiendo "ver" supercuerdas en el Universo o encontrar vínculos evolutivos entre seres vivos actuales o pasados. Miguel Ángel Buonarotti lo describía muy bien al afirmar que para esculpir sus esculturas sólo quitaba lo que sobraba en el bloque de piedra: en otras palabras, había creado lo que no era visible en su mente antes de comenzar a esculpir. Esta facultad de "construir lo que no está ahí" que subyace a la creatividad es la base de la intuición general de que la "locura debe tener relación con el genio". La enfermedad mental grave también hace, a quien la padece, ver el mundo de modos nuevos.

Sin embargo, la cualidad de esos modos nuevos suele ser muy distinta de la creatividad como la describía antes. Se suele dar por hecho que en el proceso creativo la simbolización de lo que sucede está relacionada con la realidad que se comparte en un grado razonable, mientras que la enfermedad en cambio está caracterizada por una pérdida de contacto entre los productos mentales y la realidad que tratan de simbolizar. Estos productos mentales de algún modo se independizan o se hacen impermeables a esa realidad. Además, los modos nuevos de percibir o interpretar el entorno que aparecen en la enfermedad psicótica suelen ser amenazantes.

Diagnósticos categóricos o dimensionales

En este contexto, es oportuno considerar los distintos modos de acercarnos a un diagnóstico. Un determinado problema puede diferenciarse netamente de la salud en su expresión o causas. Es la visión categórica de un problema sanitario, que en caso de la patología cerebral puede aplicarse sin duda a situaciones como padecer un tumor o una enfermedad de Parkinson. Los pacientes que padecen estos problemas tienen mucho en común entre sí, en términos de síntomas, pronóstico, implicaciones terapéuticas…, y todo ello les distingue netamente de los sujetos sanos. En lo relativo a su enfermedad es más lo que les une que lo que les separa, lo que permite delimitar los estados patológicos de los de salud.

Esta visión es implícitamente asumida en nuestras categorías actuales de diagnóstico para la enfermedad mental.

La visión alternativa de la dicotomía salud-enfermedad es la dimensional. En este modelo no trazamos una línea de separación neta entre ambos estados, sino una transición gradual entre ellos, de modo que hay una amplia superposición entre salud y enfermedad, así como entre distintas categorías de esta. Esta situación está ejemplificada por la hipertensión arterial o los niveles de colesterol, donde no hay más que por consenso límites netos entre lo que es o no perjudicial para el sujeto.

Además, esta visión dimensional puede aplicarse a los factores de riesgo. Si estos factores son múltiples y de distinto peso, es muy probable que la presencia de un conjunto de factores de mayor peso o una mayor cantidad de factores de riesgo en general puedan contribuir a generar el problema sanitario, mientras que otros no lo hagan o produzcan estados intermedios, de tal manera que esa multiplicidad de factores pueda contribuir a la continuidad fenomenológica entre salud y enfermedad.

En este sentido, conviene considerar los requisitos que se suelen aceptar para valorar si un diagnóstico realmente refleja una alteración existente. Primero, ese diagnóstico debe aludir a un fenotipo que exista como tal en la naturaleza y pueda ser medido. Debe además tener validez, reflejada en que tenga una causa identificable, síntomas característicos, pueda facilitar el pronóstico de los sujetos y predecir la respuesta a ciertas medidas terapéuticas. Por tanto, ha de poseer un grado aceptable (no absoluto, pero sí suficiente) de especificidad diagnóstica, pronóstica, terapéutica y, a ser posible, biológica/causal.

Obviamente, además debe ser útil en la clínica y aceptable por los sujetos que lo reciben; cuanto más específicos son los requisitos primero y segundo de los antes enumerados, más categórico resulta ser el diagnóstico. Si en cambio son poco específicos, su capacidad clasificatoria es baja, hasta el punto de que debamos en los casos extremos pensar en abandonar las clasificaciones en que puedan basarse.

Vamos a considerar a continuación hasta qué punto los diagnósticos actuales de psicosis se ajustan a estos criterios, ilustrándolo con lo que sucede con el diagnóstico de esquizofrenia.

Empecemos por la visión fenomenológica. Nuestros criterios actuales se basan en un

conjunto de síntomas, de los que para recibir el diagnóstico de esquizofrenia se han de reunir un cierto número durante al menos un tiempo. Sin embargo, un paciente en función de tales síntomas puede ser radicalmente distinto a otros, sembrando dudas sobre el primer criterio de los diagnósticos (el que reflejen un fenotipo realmente existente y mensurable). Pero además, en la esquizofrenia aparecen muchos síntomas característicos de otros procesos, indicando que la especificidad fenomenológica no es alta entre las categorías en que hoy clasificamos la enfermedad mental grave. Otros diagnósticos dentro de este tipo de enfermedad comparten síntomas característicos de la esquizofrenia (delirios, alucinaciones, síntomas negativos, deterioro cognitivo...), apuntando todo ello a la continuidad fenomenológica entre los pacientes mentales.

En cuanto a la validez para el pronóstico y la respuesta al tratamiento, la adecuación de la visión categórica también es cuestionable. Se suele asumir que la esquizofrenia es un problema con mal pronóstico en general, pero los datos de los estudios de seguimiento a escala mundial y a largo plazo realizados por la OMS (Harrison *et al.,* 2001) revelan que una apreciable proporción de sujetos muestran una remisión sintomática mantenida y un ajuste sociolaboral aceptable. Hay que mencionar igualmente que no pocos pacientes con trastorno bipolar o depresión, entre otros, muestran peor ajuste y síntomas más sostenidos de lo que suele asumirse en esos diagnósticos.

En el otro extremo, una apreciable cantidad de pacientes con esquizofrenia (y también dentro de otras categorías) presentan síntomas resistentes y persistentes.

Otro aspecto muy importante de la continuidad de los síndromes psicóticos (SP) es que de modo atenuado aparecen en una proporción importante de la población general. Estos síntomas, sin constituir un diagnóstico en sí mismos ni justificarlo, tienen validez en función de criterios externos, como la predicción del ajuste en quienes lo padecen o el compartir similares factores de riesgo con las psicosis clínicas (Van Os *et al.,* 2001; Spauwen *et al.,* 2006; Domínguez *et al.,* 2009). Esto ha sido profusamente investigado por el grupo de Jim Van Os en la Universidad de Maastrich, mediante instrumentos psicométricos en la población general. La validez de tales encuestas se ha comprobado mediante el estudio de los correlatos de tales síntomas, que se ha visto que además se corresponden bien con exploraciones realizadas por especialistas. Tener más síntomas psicóticos de este tipo predice un peor ajuste global del sujeto, y además estos síntomas tienen factores contribuyentes similares a los de la psicosis clínica.

Por ejemplo, en un trabajo sobre la repercusión de estos síntomas, se halló que las personas de la población general que presentaban síntomas de psicosis tenían 4 veces más probabilidades de ser despedidas de sus trabajos, 15,2 veces más de ir a la cárcel en algún momento, 3,2 veces más de estar desempleados, 3,6 veces más de tener problemas serios con la policía, y más del doble de tener problemas serios de pareja, de separarse o ser abandonadas, de conflictos en el trabajo o de problemas legales (Spauwen *et al.,* 2006). Los sujetos con psicosis clínicas tienen dificultades similares, pero más intensas.

Hay otros argumentos para relacionar tales SP con la psicosis clínica de modo dimensional. Entre ellos, que las personas que los muestran tienen más posibilidades de transitar posteriormente a esa psicosis (hasta un 8% en 2 años, sobre todo en jóvenes). Partiendo de 845 adolescentes de 14 a 17 años en Munich, Domínguez *et al.,* (2009) fueron utilizando baterías autoadministradas a lo largo de 8 años para identificar a los que tenían tales síntomas en cada momento (aproximadamente al inicio, 18 meses, 40 meses y 8 años). La persistencia en tres mediciones de esos síntomas multiplicaba por 9,9 el riesgo de desarrollar una psicosis a lo largo del seguimiento. Entre los que presentaron tal psicosis en el momento final, 38,3% la tuvieron precedida de experiencias psicóticas subclínicas en al menos una evaluación. Este conjunto de hallazgos siembra más dudas sobre la posibilidad de hacer separaciones categóricas entre los sujetos con y sin un diagnóstico de psicosis, sin que esto, sin embargo, suponga una negación de la existencia del problema que padecen estas personas.

A otro nivel, pero en la misma dirección, pueden considerarse las extrañas e impermeables ideas que con frecuencia constituyen el núcleo de las creencias sectarias. En el caso de la secta del Templo su líder, el reverendo Jones, estaba convencido de ser reencarnación de varios profetas y faraones, en la de los Davidianos *(Branch Davidians),* David Koresh creía ser la reencarnación de Jesucristo y de Ciro de Persia, y en el de la secta de la Puerta Celestial, Marshall Applewhite, lo estaba de ser un extraterrestre. Todas esas sectas acabaron con el suicidio o la muerte de sus seguidores. Ciertamente puede pensarse que tales creencias cualifican para un diagnóstico de psicosis completo en quienes sostienen con tal convicción tales creencias (incluyendo a los seguidores de esos líderes). Esto ha sido defendido con frecuencia, pero la falta de un examen de los sujetos en cuestión hace peligroso sacar conclusiones de este tipo, por lo que prefiero dejarlos en "síntomas" más que en "trastornos". En todo caso, estos ejemplos ilustran bien la gran variedad posible entre los pacientes psicóticos. Y desde luego, la vulnerabilidad de sus seguidores a asumir ideas muy similares a las psicóticas.

Normalidad de los factores de riesgo biológicos

La continuidad entre salud y enfermedad mental no sólo se manifiesta en el plano fenomenológico. Los factores de riesgo que elevan la posibilidad de padecer una esquizofrenia están presentes en la población normal. El mayor riesgo para ese problema cuantitativamente hablando lo aporta la variación genética del sujeto.

En un reciente número de la prestigiosa revista *The Lancet,* se mostró el resultado de valorar el riesgo genético para la esquizofrenia y para el trastorno bipolar en 9.009.042 individuos suecos procedentes de más de dos millones de núcleos familiares (Lichstenstein *et al.,* 2009). Como en trabajos previos, los resultados de este mostraban que la genética de cada sujeto, lo que se hereda a través del genoma (un 64% de aportación causal), tenía un mayor peso relativo para explicar la ocurrencia de estas enfermedades que lo sucedido en el entorno del mismo sujeto (bien fuera el compartido, un 4,6%, bien el no compar-

tido con otros familiares, con un 31,4% de aportación causal).

Muchas variaciones genéticas se han asociado a un riesgo significativo de esquizofrenia o trastorno bipolar, generalmente bajo la forma de polimorfismos genéticos. De las descritas, la amplia mayoría están presentes igualmente en una cantidad apreciable de la población general. No hay perspectivas de encontrar cambios genéticos que expliquen la patología mental grave en base a uno o pocos genes alterados (como sucede, por ejemplo, en la enfermedad de Huntington).

En función de ello, en la actualidad se admite un modelo poligénico de herencia del riesgo para la psicosis. Parece claro que no hay uno ni pocos factores genéticos que aumenten el riesgo para la esquizofrenia u otras psicosis, sino más bien muchos de ellos, todos o su mayor parte variaciones presentes en la población normal y no patológicos por sí mismos.

Esta multiplicidad de factores de riesgo es compatible con la distribución continua de rasgos como los síntomas de psicosis. Así, si un rasgo está codificado por un gen, habrá una clara categorización de los fenotipos, pero esta categorización se irá haciendo dimensional (habrá más estados intermedios y menos separación entre ellos) a medida que aumenten los genes que codifican el rasgo. Y como parece obvio que los productos mentales tendrán muchos condicionantes genéticos (por no hablar de los no genéticos), la realidad del riesgo en la psicosis se adapta mejor a un modelo dimensional.

La asociación de riesgo poligénico y patología emergente puede ilustrarse con este modelo, en que vemos cómo la mayor parte de la población tendrá una variable cantidad de alelos de riesgo, que sólo empiezan a elevar la tasa de incidencia a partir de cierta cantidad (un nivel que sólo está presente en una minoría de sujetos).

A la importancia de la herencia poligénica, hay que sumar las ideas sobre la relevancia del contexto genético en la herencia de la esquizofrenia. Un conjunto de investigadores (Straub *et al.,* 2007) del grupo del NIMH que hace unos 10 años reportó la relación entre el alelo Val del gen de la COMT y la ineficiencia de la función prefrontal en esquizofrenia, estudiaron tres muestras familiares, incluyendo en cada una datos de al menos un hijo afecto y los dos padres. En el trabajo de que estamos hablando reportan los resultados obtenidos de dos de esas muestras, y en otra publicación los resultados de la tercera (una muestra infantil). Partiendo de su plausibilidad biológica, estudiaron la asociación con la esquizofrenia de 19 variantes para el gen GAD1, que codifica la isoforma GAD67, de gran importancia según los datos post mórtem en esquizofrenia. Además, obtuvieron una amplia batería de datos neuropsicológicos. Por último, valoraron la influencia de la variación genética en el GAD1 sobre la función cerebral en una muestra de sujetos sanos no incluida en las anteriores, midiendo con resonancia magnética funcional (RMf) la activación durante un test N-back (de memoria de trabajo), dependiendo del genotipo que se poseyera. Los resultados son complicados, pero de gran interés.

En primer lugar, no apareció una asociación global entre la variación en los polimorfismos del GAD1 y el estar afecto de esquizofrenia. Sin embargo, en las dos muestras, algunos polimorfismos de ese

gen sí estaban representados en exceso en las mujeres afectas, aunque no coincidían entre las dos muestras. En la segunda muestra, además había distintos polimorfismos asociados al riesgo para esquizofrenia en hombres y mujeres (uno estaba asociado al riesgo en conjunto), sin que en la primera hubiera ninguno asociado al riesgo en varones.

Los autores consideraron además la asociación esquizofrenia/variación en GAD en las familias según el genotipo para la COMT que tuvieran (Val/Val, Val/Met o Met/Met), encontrando que las familias de la primera muestra con Val/Val (que es, según los datos de este grupo, el genotipo más asociado a esquizofrenia), en lugar de mostrar tres variantes de GAD1 asociadas al riesgo, mostraban ocho. Los autores reportaron también una influencia del genotipo para GAD1 en el rendimiento neuropsicológico muy compleja, de modo que casi todas las 19 variantes para GAD1 influían en algún parámetro cognitivo (excepto, curiosamente, la única que se asociaba, en la segunda muestra, al riesgo conjunto para esquizofrenia). Finalmente, un polimorfismo con influencia cognitiva pero no con el riesgo de esquizofrenia influía significativamente en una menor eficiencia del proceso cortical medida con RMf en los sujetos sanos.

Estos factores genéticos repercuten probablemente en la estructura y función cerebrales, modulando el riesgo para la psicosis. En este contexto, no hay un solo hallazgo cerebral replicado en todos los estudios, apuntando a la variabilidad del sustrato cerebral entre pacientes. Esto no es óbice para que no existan vías comunes a la psicosis a las que se pueda llegar por distintas alteraciones.

Una similar continuidad puede encontrarse en los factores ambientales causales o de riesgo para la psicosis. Para la esquizofrenia, por ejemplo, se admite que son factores de este tipo la emigración, la vida en ciudades de un gran número de habitantes, la infección por el virus de la gripe durante la gestación o el consumo de cannabis. Todos ellos son factores presentes en la población general y no patógenos en la mayoría de los casos.

Considerando todo lo dicho hasta ahora podríamos postular la existencia de ciertos factores cerebrales cuya mayor o menor intensidad explicara una parte de la proclividad a padecer la psicosis de un modo dimensional, es decir, sin que haya un umbral claro de disparo de este síndrome al modo “todo/nada”, sino más bien una gradación del riesgo aportado y una relación cuantitativa entre tales factores y su tipo de expresión sintomática. Idealmente, además, deben ser factores biológicos a los que se pueda llegar por varias vías posibles.

Uno de estos factores puede tener estrecha relación con la transmisión inhibitoria, cuya alteración está documentada en estudios post mórtem en esquizofrenia.

Esta alteración no implica en ninguno de tales estudios una desaparición o un grave déficit de la misma, que más bien suele dar lugar a problemas como la epilepsia o ser incompatible con la vida.

La transmisión inhibitoria es especialmente interesante en este respecto porque mínimas variaciones espaciales o temporales de la misma, que además está regulada por otros sistemas de transmisión y es sensible al medio por mecanismos de poda sináptica, dan lugar a propiedades no lineales de respuesta del sistema nervioso.

En conjunto, parece lógico pensar que mínimas diferencias a este nivel, dependientes o no primariamente del sistema GABA puedan dar lugar a respuestas poco predecibles en el conjunto del organismo. A esta alteración se puede llegar vía múltiples sistemas (dopaminérgico, NMDA, gabaérgico primario…), lo que resulta compatible con la visión multifactorial del origen de las psicosis. Además, es muy coherente con una visión dimensional en función de una variable intensidad o localización de la disfunción, da un amplio margen a la interacción con el entorno y puede repercutir ampliamente en muchos sistemas cerebrales de gran relevancia con la vida mental.

Bibliografía recomendada

Domínguez MD et al. Evidence That Onset of Clinical Psychosis Is an Outcome of Progressively More Persistent Subclinical Psychotic Experiences: An 8-Year Cohort Study. Schizophr Bull 2009.

Harrison et al. Recovery from psychotic illness: a 15- and 25-year international follow-up study. Br J Psychiatry 2001; 178:506-17.

Lichtenstein et al. Common genetic determinants of schizophrenia and bipolar disorder in Swedish families: a population based study. Lancet 2009; 373:234-9.

Spauwen et al. Impact of psychological trauma on the development of psychotic symptoms: relationship with psychosis proneness. Br J Psychiatry 2006; 188:527-33.

Straub RE, Lipska BK, Egan MF, Goldberg TE, Callicott JH, Mayhew MB, Vakkalanka RK, Kolachana BS, Kleinman JE, Weinberger DR. Allelic variation in GAD1 (GAD67) is associated with schizophrenia and influences cortical function and gene expression. Mol Psychiatry 2007; 12(9):854-69.

Van Os et al. Self-reported psychosis-like symptoms and the continuum of psychosis. Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol 1999; 34(9):459-63.

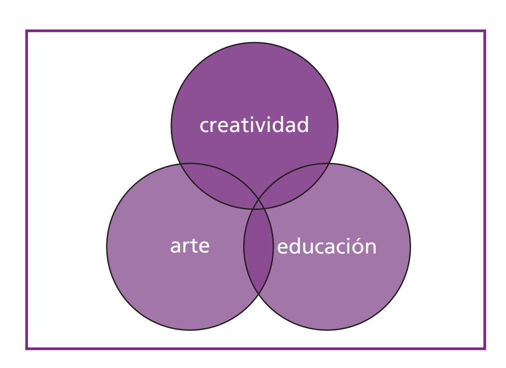
Estudio y aplicaciones de la creatividad en educación. Arte y educación creadora

Dr. Julio Romero Rodríguez

Resumen

Se revisan aquí algunas posibles relaciones entre creatividad y educación y se muestran algunas claves para visualizar una educación creadora en la que el arte sea el componente central.

Creatividad, arte y educación



Creatividad y educación son conceptos muy próximos, los dos tienen relación directa con la novedad valiosa, con la mejora, el avance, el descubrimiento, la construcción de significados, la diversidad, las posibilidades, el cambio, la transformación. En cuanto al arte, trabaja con aspectos frecuentemente olvidados en la educación, y que tienen que ver con el mundo sensible, con lo no racional, con la multiplicidad, con despertar otras miradas sobre las cosas y otros modos de pensar y hacer, con la emoción y la imaginación, con la reflexión crítica, con la evocación de sentidos, con la comprensión del mundo y de nosotros mismos desde diversas perspectivas, con la construcción provisional de mundos posibles… Parece evidente que todas estas cualidades del arte y las que hemos apuntado sobre la creatividad y la educación, junto con muchas otras, pueden ser compartidas en buena medida y de manera muy relevante por los tres ámbitos.

Creatividad y educación

Intentando revisar y problematizar a un tiempo las relaciones entre creatividad y educación, destaco que la articulación entre ambas ha venido tomando la forma de una educación sobre la creatividad, una educación para los creativos, una educación para la creatividad, una educación en la creatividad o con la creatividad…, pero no tanto una educación creadora, educar creando.

En torno a la mitad del siglo pasado, una vez concretado y asentado el estudio científico de la creatividad, el ámbito de la educación se convierte inmediatamente en un campo de interés fundamental para esa parcela científica. Las primeras aplicaciones a partir de la investigación sobre la creatividad están dirigidas al campo educativo, intentando detectar aquellos individuos con mayor potencialidad creativa. En ese marco, se entiende la creatividad como una cualidad personal, distribuida irregularmente en la población, entre-

nable, si esa capacidad individual es identificada, y valiosa desde el punto de vista económico, social y político. Los esfuerzos, en consecuencia, van orientados a encontrar esas personas más dotadas creativamente, con mayor potencialidad, y a fomentar en lo posible esa capacidad, a desarrollarla, a ampliarla, a entrenarla.

Por lo tanto, la identificación de las personas especialmente creativas va unida a la educación en dos aspectos principales: identificación entre los escolares de aquellos más dotados, y diseño y aplicación de programas de estimulación y desarrollo de esas capacidades. Ambas tareas tienen que ver, directamente, con otro de los campos principales de estudio e investigación en la creatividad: la construcción de procedimientos, estrategias y pruebas estandarizadas para evaluar la potencialidad creativa de las personas y la efectividad de los programas de desarrollo de la creatividad aplicados.

Paulatinamente, las ideas democratizadoras llegan también al campo de estudio y aplicación de la creatividad, extendiéndose una concepción más horizontal: no sólo interesa detectar y potenciar a las personas más creativas, sino que se empieza a pensar que todos los individuos son o pueden ser creativos en algún grado, y por tanto hay que evaluar su potencialidad igualmente, hay que diseñar y aplicar estrategias y programas de desarrollo y aprendizaje, y hay que evaluar su efectividad.

Desde mi punto de vista, estas primeras aplicaciones de la creatividad en educación, centradas en identificar, evaluar y formar, toman la forma de *educación para los creativos,* y *educación para la creatividad,* intentando primero identificar a los más dotados y desarrollar su potencial creativo, y extendiéndose más tarde a todas las personas, consideradas ya como individuos creativos siempre en algún grado, para hacer uso de sus capacidades creativas e incluso potenciarlas, para enseñar estrategias creativas, solución de problemas, etc.

Los docentes fueron vistos rápidamente como piezas clave para desarrollar una educación que prestara más atención a la creatividad o a aspectos relacionados con ella. Ha venido siendo cada vez más importante, en la aplicación de la creatividad a la educación, suministrar a los docentes herramientas, recursos, estrategias, para ese desarrollo de la creatividad de las personas, y posibilitar entrenamiento en la aplicación de tales medios, que al mismo tiempo se han ido constituyendo como elementos de vocación renovadora y actualizadora de las metodologías didácticas. El profesorado hace tiempo que no sólo debe dominar su área o áreas de conocimiento, sino también unas metodologías didácticas, y dentro de ellas, numerosas estrategias, recursos o técnicas para el desarrollo del pensamiento divergente, para la detección y solución de problemas, para fomentar la aparición de ideas novedosas… Podríamos denominar a este tipo de formación que se requiere a los profesores y profesoras, y que se vierte en las metodologías didácticas, como *educación sobre la creatividad,* estudiando, aprendiendo, enseñando aquellas herramientas que constituyen el saber más característico en el ámbito de la aplicación de la creatividad en la enseñanza.

Podríamos quizás hablar también de una *educación en la creatividad* o una *educa-*

ción con la creatividad, y referirnos con ello a aquellas parcelas del espacio educativo que la costumbre general, las creencias más extendidas y naturalizadas, entienden que son territorios creativos en sí mismos. Esto viene ocurriendo, y aún de manera bastante incuestionada o normalizada en la práctica, con las áreas artísticas y con las actividades relacionadas con esas áreas que tienen lugar en el espacio educativo. Se tiende a pensar que en el tiempo y en el espacio educativo que consideramos artístico o cercano al arte se está poniendo en práctica la creatividad y se la está desarrollando como cualidad personal. De hecho, quizás sea esa la cualidad más reconocida al ámbito del arte en educación.

Arte y creatividad escolarizados

Todos estos modos de articular educación y creatividad, o incluso educación, creatividad y arte, desde mi punto de vista constituyen movimientos alrededor de la creatividad y de la educación, pero no consiguen interpenetrarse mutuamente, no generan cambios de calado. Pienso que son movimientos periféricos que bordean lo fundamental sin alterarlo.

Si observamos con un mínimo detenimiento, resulta llamativo y aparentemente contradictorio cómo en muchas ocasiones la creatividad no está presente en el pequeño tiempo y espacio reservados para el arte. Como advierte A. Albano:

> "La presencia del área de arte en muchas escuelas es asociada, frecuentemente, a la guinda que adorna el pastel: atrayente pero fácilmente descartada. Cuando entre adultos, educadores o no, el tema son las clases de arte que tuvieron en la infancia; las decoraciones de fiestas especiales y los *collages* de algodón son algunos de los pocos recuerdos comunes, que resisten fuertemente, a las diferentes reformas curriculares a lo largo de los años. [...] expresan la levedad, la ausencia de peso, una metáfora casi perfecta de la presencia del arte en el currículum."
>
> (A. Albano, 2010: 9).

Es frecuente que lo que se denomina arte en el espacio educativo acabe siendo un arte escolarizado: un entrenamiento en actividades manuales, un aprendizaje de los elementos básicos de un lenguaje visual prefijado y descontextualizado, una producción de objetos más o menos decorativos, un área casi olvidada o no valorizada excepto para embellecer los espacios en fechas conmemorativas, un tiempo para el ocio consentido, con poca o ninguna relación con el arte y con la creatividad. La escolarización frecuentemente transforma al arte al traducirlo al contexto educativo, alejándolo de su naturaleza poética, constructora de sentidos, creadora y transformadora, y disminuyendo su vitalidad. Y es habitual y fácilmente observable que, además, disminuya progresivamente su presencia en la educación según se asciende en el recorrido por las etapas educativas, hasta desaparecer prácticamente en los escalones más altos.

Es posible que algo parecido ocurra con la presencia de la creatividad en la educación, y que podamos hablar también de una creatividad escolarizada. Ese término podría utilizarse quizás para denominar gran

parte de la presencia de la creatividad en el espacio educativo: ejercicios, actividades, estrategias de pensamiento, de trabajo en equipo, de generación de ideas, de solución de problemas…, que posiblemente pongan en funcionamiento algunas dinámicas relacionadas con la creatividad, pero que difícilmente pueden convertirse en generadores de una *educación creadora.*

Pero, en realidad, no es sólo el arte o la creatividad, sino también la propia educación la que de esta manera queda desvitalizada, alejándose de todo lo que el arte y la creatividad implican. Abandonar esas adaptaciones escolares de un arte desvirtuado o desvitalizado y de una creatividad de escasa relevancia, y dar presencia y sentido a la creación artística y sus prácticas, especialmente el arte contemporáneo, en el contexto educativo, con un sentido integrado y valorizado, puede ayudar a transformar la educación y a generar una educación creadora.

Educación creadora

En ese sentido, por fin, podemos hablar de una *educación creadora,* como aquella que en su planteamiento, metodología, actividades, contenidos, enfoque de los procesos de enseñanza-aprendizaje, cultura escolar, relación con el entorno…, intenta renovar, cuestionar lo establecido o lo habitual, explorar posibilidades, desautomatizar, descubrir, transformar, generar procesos creativos, construir sentidos, despertar la creatividad de las personas, construir contextos potencialmente creativos y favorecer otros muchos aspectos que tienen que ver directamente con la creatividad y con la educación. Una educación creadora porque está atravesada en todos sus aspectos por la creatividad y porque está centrada en crear, descubrir, inventar, transformar, y no en asimilar, repetir, reproducir, transmitir sin alterar.

Una *educación creadora* entiende el proceso de enseñanza-aprendizaje como un proceso de creación, marcado por la diferencia y la multiplicidad, no por la repetición o la uniformidad, y marcado igualmente por la vitalización de lo educativo. En síntesis, la *educación creadora* no es un tipo especializado de educación para tareas o personas creativas, ni una aplicación de técnicas, métodos o recursos vinculados a la creatividad, sino un modo de entender y llevar a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje donde la diferencia en lugar de la repetición, la novedad en lugar de lo ya conocido, la búsqueda en vez de la acumulación, la acción, la participación, la colaboración entre los aprendices y educadores –todos ellos creadores al fin y al cabo– son las señas de identidad.

Educación creadora y arte contemporáneo

Lo que podemos denominar como educación creadora parece un concepto más complejo que esa educación para, sobre, en, con la creatividad, y su relación con el arte permite otro enfoque mucho más enriquecedor. El arte, especialmente el arte contemporáneo, con sus características de multiplicidad, experimentación, búsqueda, observación, comunicación, experiencia estética, construcción de sentido, creación poética…, tiene muchos puntos de conexión con lo educativo y, como aquí pensamos, puede tejer un papel fundamental y especial en una *educación creadora,* que

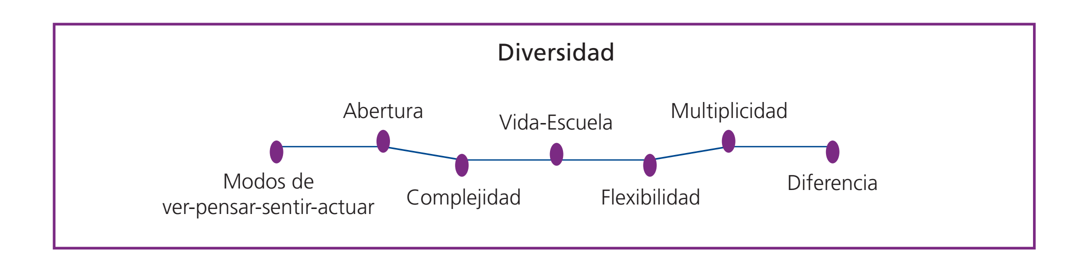
estaría atravesada en todos sus aspectos por lo artístico.

El arte reciente proporciona facilidades y claves para ello. Trabaja con la multiplicidad y la diferencia, frente a los modelos de perfección establecidos por un arte correspondiente a épocas ya pasadas; frente a la figura del genio excepcional y supercapacitado de un arte tradicional, el arte reciente se vuelve democrático y se extiende; en lugar del carácter especial, noble, exclusivo de los materiales que utiliza ese arte tradicional, ahora cualquier tipo de elemento próximo y cotidiano es potencialmente útil; lejos de ser sólo un arte encerrado en los museos u otros lugares elitistas y distantes, ahora el arte tiende también a infiltrarse por todos los espacios; ahora es importante el proceso, a veces ese es precisamente el contenido de un trabajo artístico; el ideal de belleza única ha sido sustituido por la multiplicidad de versiones posibles y provisionales con capacidad comunicativa o de creación de sentido… Interacción, pluralidad, intersubjetividad, relativismo, multidimensionalidad, transdisciplinariedad, relectura, provisionalidad, emergen como cualidades de lo que hoy día define a buena parte de las prácticas artísticas, poniendo en cuestión los anteriores modelos basados en el poder creador del genio y en la grandeza, unicidad, permanencia y especialidad de la obra, para iniciar la andadura por un nuevo territorio creativo marcado, sobre todo, por la complejidad y la horizontalidad. Por todas esas razones se considera aquí que el arte contemporáneo, que además es producto de nuestro tiempo histórico y de nuestras referencias socioculturales, tiene gran sintonía con una educación creadora y con un concepto de creatividad renovado, no centrado ya en la capacidad natural, especial y distinta de unos pocos o en procesos enigmáticos y especiales.

Educación creadora a través del arte

Es el momento de señalar brevemente algunas de las claves que caracterizan, y pueden ayudar a visualizar, una *educación creadora* en el sentido aquí expuesto; se proponen varias: acción, participación, visibilidad, integración, diversidad, sentido, en una educación creadora atravesada por el arte. El resultado generará una especie de mapa, una red de líneas a recorrer y conocer que, consideradas en conjunto y con el arte como clave fundamental y central, dibujarían la complejidad y riqueza del espacio ocupado por esa *educación creadora* focalizada en el arte.

Una educación creadora ha de contemplar, como componente fundamental de su modo de hacer, de sus objetivos, de los contenidos que trabaja, de sus protagonistas, de las capacidades que fo-



menta o pone en juego, la diversidad, la multiplicidad, en suma, la diferencia. Ello se concreta en la búsqueda y construcción constante de un espacio y una oportunidad para lo múltiple y diverso en los modos de ver, de pensar, de actuar, de valorar, de relacionarse… En definitiva, la diversidad de la vida introducida en la escuela, como dos ámbitos permeables (entendiendo escuela como término general para referirnos al espacio educativo en cualquiera de sus etapas). Y ello supone, al mismo tiempo, una mayor complejidad de la educación, que exigirá del docente actitudes de abertura a lo diferente, a lo no conocido, flexibilidad para tratar con esa diversidad.

En la misma dirección, tenemos que hablar de integración como otra de las claves. Así, se trata de integrar elementos que suelen estar separados o atendidos de manera muy distinta y poco equilibrada. Se trata de tomar en cuenta lo intelectual, pero también lo afectivo, lo emocional o lo corporal, tantas veces relegado en el sistema educativo.

Integración

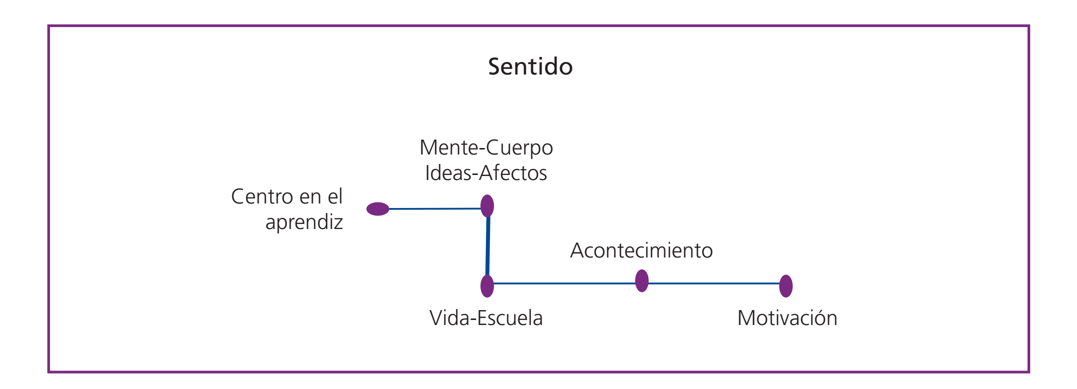
Lenguajes
Mente-Cuerpo
Ideas-Afectos
Vida-Escuela
Proximidad
Experiencia
Transdisciplinariedad

Integración que empieza por el propio docente:

> "El profesor, como el artista, o como artista-profesor, es un mostrador de afectos. El afecto es la primera señal de que al profesor se le está dando bien o mal lo que hace o lo que se propone hacer, porque es un mapa sensible de lo que sucede en el aula, con el que llega y sale de ella, transmutado en valor para la vida personal y social."
>
> (M. Meira y S. Pillotto, 2010: 11).

Se trata también de atender a lo lejano, pero también al entorno próximo; de establecer conexiones y puentes transdisciplinares entre áreas que tendemos a considerar como áreas separadas, pero que no tienen por qué estarlo; de considerar la globalidad de nuestro modo de conocer, experimentar, sentir, actuar; de rescatar, escuchar y utilizar los "cien lenguajes" de expresión y comunicación que tiene la infancia (L. Malaguzzi, 2001), haciendo de nuevo que escuela y vida sean ámbitos continuos, integrados, no separados.

Otra línea que hay que recorrer es la generación de sentido. Una *educación creadora* no puede mantener situaciones en las que lo que se hace, lo que se enseña, lo que se pretende que sea aprendido y las estrategias para conseguirlo carecen de sentido para el aprendiz, como ocurre frecuentemente en el ámbito educativo. Si se quiere que el aprendizaje sea algo a construir por el aprendiz a partir de su compleja experiencia, que los educadores



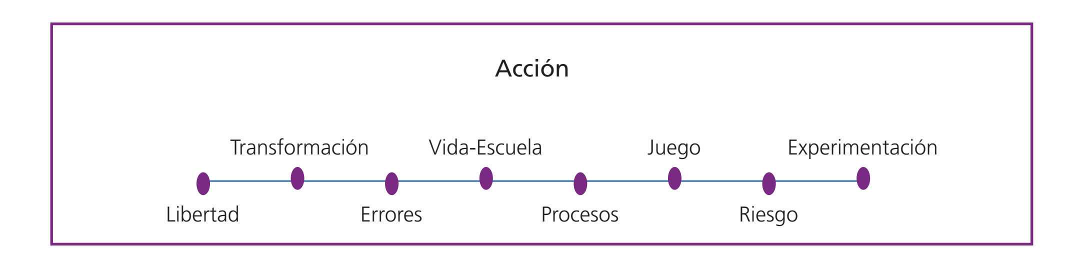
intentan enriquecer y mediar, entonces el aprendiz ha de poder entender el proceso, otorgarle un sentido y darle un valor para que todo eso sea posible. El arte en la escuela no escapa tampoco a esa necesidad: o tiene sentido para el que aprende, desde su mundo, o no es asimilado más que como algo superficial, carente de valor y, por supuesto, sin capacidad para suscitar ningún tipo de experiencia personal significativa.

Debemos considerar también la acción como otro componente fundamental. Ello significa capacidad para actuar, realización de proyectos, abandono de los papeles caracterizados por la pasividad, aprender del propio recorrido a través del juego, la experimentación, libertad para equivocarse, para aprender de los aciertos y de los errores. Como señala D. Fleith:

> "La escuela, especialmente, enfatiza la exactitud de respuestas, condición imprescindible para el buen alumno. Aquel que se equivoca es visto como incompetente e incapaz. No se percibe el error como un acto creativo, como una oportunidad para la exploración y el descubrimiento."
>
> (D. Fleith, 2007: 149).

Y ello se refiere, como todo lo anterior, tanto a los alumnos y alumnas como a los profesores, al fin y al cabo todos aprendices permanentes de una u otra forma. La acción, en el caso del arte, tiene además un sentido de transformación, de acción transformadora sobre la propia realidad. Como señalan Efland, Freedman y Stuhr:

> "La función del arte a lo largo de la historia cultural de la humanidad ha sido y continúa siendo la construcción de la realidad. [...] Los artistas construyen representaciones del mundo real o bien de mundos imaginarios



que incitan a los seres humanos a crear una realidad distinta para sí mismos."

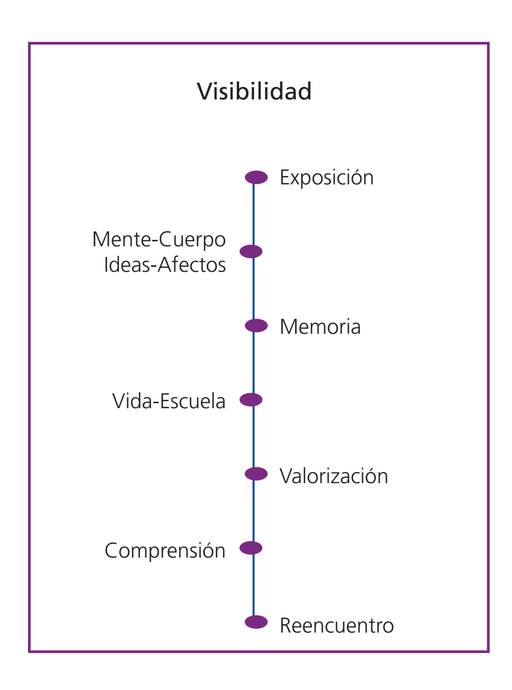
(A. E. Efland, K. Freedman y P. Stuhr, 2003: 124).

La línea denominada participación alude a la negociación de contenidos, objetivos, metodologías en lugar de su imposición más o menos disimulada o naturalizada; a la crítica y a la implicación de todos los protagonistas en el proceso de enseñanza-aprendizaje: aprendices, educadores, centro educativo, comunidad que lo constituye o el entorno próximo. Pero además, en este contexto, la idea de participación remite a una revisión necesaria de aquellas concepciones sobre la creatividad que la caracterizan como capacidad o actitud personal. Es necesario ampliar el concepto de creatividad para considerar las posibilidades creativas de grupos, colectivos, redes, para dar importancia a la participación en contextos y procesos potencialmente creativos. Desde ese punto de vista, será educativamente importante facilitar la construcción de contextos, situaciones, procesos potencialmente creativos y la participación en ellos, independientemente de las posibilidades creativas personales (J. Romero, 2009 y 2010).

La visibilidad se configura como otro de los ejes de la *educación creadora.* Es importante hacer visible todo aquello que acontece en el centro educativo; visibilidad de los procesos y de los resultados; visibilidad de ideas y conceptos, pero también de todo lo que tiene relación con las emociones, los afectos; visibilidad de la lengua escrita, pero también de los otros lenguajes y la riqueza del mundo visual, sonoro, corporal; muestras de procesos y resultados generan visibilidad y proporcionan espacios y tiempos para el reencuentro con lo experimentado y aprendido, para la comprensión de lo conocido desde otros puntos de vista, desde diferentes miradas, para la memoria de lo vi-

Participación

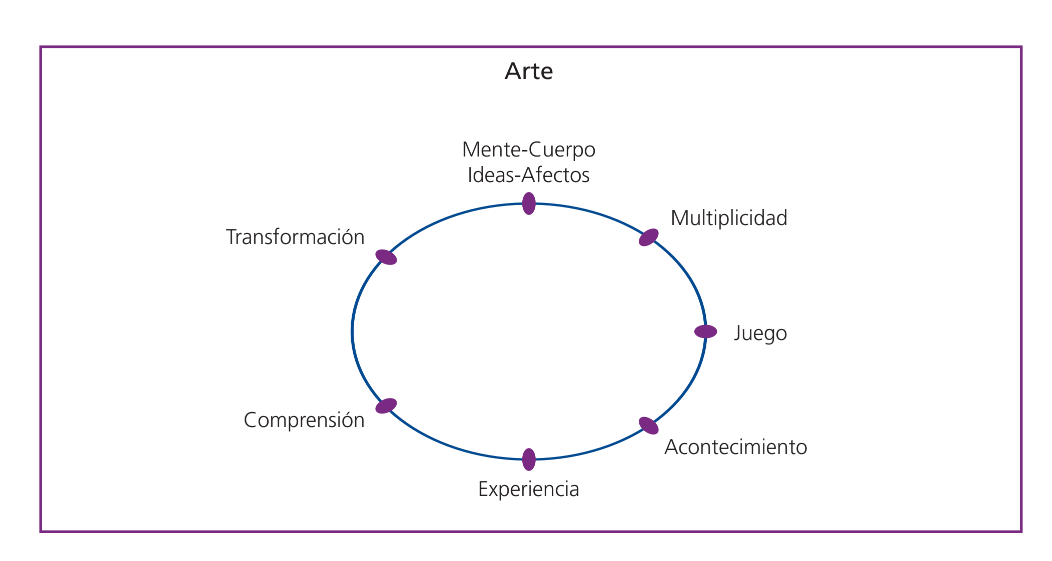
Actitud crítica
Confianza
Vida-Escuela
Cooperación
Implicación
Escucha-Voz



vido. Lo que se muestra dignificado, además, queda valorizado, adquiere un valor añadido, ya sean personas, resultados, procesos. Por el contrario, lo que no se hace visible pasa desapercibido, pierde relevancia, no adquiere valor.

Todos estos componentes de una *educación creadora* nos llevan a una última clave fundamental: el arte. Porque dadas las características aquí consideradas en relación al arte –especialmente si se trata de arte reciente–, en ese ámbito se encuentra el catalizador, el medio y el vehículo perfecto para generar y facilitar esa visibilidad, diversidad, integración, acción, participación y construcción de sentido. El arte, especialmente el arte contemporáneo, por su multiplicidad, su integración de lenguajes, su carácter de experimentación e incluso juego, su referencia al mundo actual, a la experiencia personal, su relación con todas las áreas educativas, su búsqueda de la novedad y la sorpresa, su capacidad comunicativa y expresiva, su presencia en muchos ámbitos de la vida cotidiana, su uso de materiales cotidianos o próximos, su capacidad de crear y recrear constantemente el sentido, y de generar acontecimientos estéticos, su capacidad de transformar, su carácter abierto…, es la vía circular que permite transitar todas las líneas de este mapa y conectar cada una de las claves señaladas para una educación verdaderamente creadora. En este mapa inventado y provisional, el arte no es una línea más, es la línea que interrelaciona todas las anteriores.

Eso siempre que se piense, claro está, en un arte que no abandone su potencia poética, creadora, transformadora y su anclaje en la experiencia estética y en la realidad vivida, y que traducido a la educación no se limite a abordar los contenidos considerados propios de un área específica, a realizar unas actividades manuales más o menos ajustadas a un cierto gusto establecido, a acumular conceptos, técnicas y saberes descontextualizados y desvinculados del aprendiz, y sin implicación con el centro educativo, el entorno próximo y la vida. Y siempre que se considere una educación trans-



formadora, y no una mera reproducción de contenidos distanciada de la realidad en que se inserta y del propio alumno, y en la que el arte sea valorizado como elemento fundamental.

El arte contemporáneo, llevado a la escuela dentro de una *educación creadora,* implica salir de los estrechos límites de la hoja en blanco, de la producción de pequeños objetos artísticos más o menos repetidos, de la cartulina decorada con imágenes y dibujos, y ampliar el campo artístico y estético escolar a los procesos, las *performances,* la instalación, la creación de imágenes, la transformación de espacios, el arte participativo, las experiencias sensoriales, la hibridación de técnicas y materiales, el arte corporal, el arte sonoro, la poesía visual…, todo ello desarrollado en proyectos creativos por alumnos y profesores, en una escuela donde el arte esté presente en todos sus espacios, tiempos y actividades.

Llevar el arte, y especialmente el arte contemporáneo, a la educación supone una posibilidad, una oportunidad y un desafío de transformación creativa de esa misma educación en la que se integra. El mapa de conceptos implicados en esa educación creadora es complejo, no parece que indique una tarea fácil, pero no es necesario hacerlo realidad de manera total y simultánea. Pensemos en él como una referencia provisional y una ayuda; como cualquier otro mapa, este intenta proporcionar una visión del territorio y de los caminos posibles o importantes, ponerles nombre y facilitar el recorrido, pero ese recorrido puede ser muy diverso, puede comenzar y acabar en cualquiera de esos puntos, puede recorrer el mapa parcialmente, puede ir realizando caminadas sucesivas. Y mientras tanto serán necesarios sucesivos aprendizajes y desaprendizajes, revisiones, errores y aciertos. Se trata de un mapa que, aunque parece definido, pretende ser abierto y provisional, y no intenta explicar recetas, modelos o pasos a seguir, sino proporcionar una visión de conjunto para comprender la naturaleza de una educación creadora centrada en el arte.

Esta educación creadora a través del arte no se refiere sólo a los alumnos y alumnas, no sólo a las metodologías didácticas, a las concepciones educativas o al currículum, sino que implica una transformación también del profesorado y expertos. Como docentes, necesitamos a partir de ahí reconocer, redescubrir y actualizar nuestra propia capacidad y actitud creadora y artística, necesitamos también observar y conocer lo que el arte está proponiendo y haciendo actualmente, ampliando así nuestro campo de referencias y, por tanto, de recursos, y necesitamos observar, igualmente, los juegos, propuestas y soluciones creativas de los alumnos en su acción cotidiana, pues en todo ello encontraremos estrategias, referencias, recursos, orientación, energía para construir esa *educación creadora* centrada en el arte. Trayendo aquí unas palabras de M. López Fernández-Cao, hay una tarea siempre por desarrollar y revisar de manera permanente:

> "Pensar la creación en términos intersubjetivos, como modo de articular un espacio de encuentro con uno/a mismo/a, con el mundo y con el otro, habitar la creación como un lugar de posibilidad y libertad, de diálogo constante con el mundo, significa por tanto reflexionar sobre la idea de conocimiento que hemos recibido, la idea de

creación, de creador, de mundo y de educación. E implica tratar de construir entre todos un espacio coral de inclusión donde la creación se instale, como espacio de respiración vital."

(M. López Fernández-Cao, 2009: 6).

Bibliografía recomendada

Albano A. A cereja eu enfeita o bolo ou o fermento que o faz crescer? Em Gonçalves, T. y Dias. A. (orgs), Entre linhas formas e cores. Arte na escola. Campinas SP: Papirus, 2010; 9-11.

Efland EA, Freedman K, Stuhr P. La educación en el arte posmoderno. Barcelona: Paidós, 2003.

Fleith D. A promoção da criatividade no contexto escolar. Em A. Virgolim (org.), Talento criativo. Expressão em múltiplos contextos. Brasilia: Universidade de Brasilia, 2007; 43-158.

López Fernández-Cao M. Educación, creación e igualdad. Madrid: Eneida, 2009.

Malaguzzi L. La educación infantil en Regio Emilia. Barcelona: Octaedro-Rosa Sensat, 2001.

Meira M, Pillotto S. Arte, afeto e educação. A sensibilidade na ação pedagógica. Porto Alegre: Mediação, 2010.

Romero J. Creatividad en el arte: descentramientos, ampliaciones, conexiones, complejidad. Encuentros Multidisciplinares 2008; 10(28):55-62.

Romero J. Creatividad distribuida y otros apoyos para la educación creadora. Pulso: revista de educación 2010; 33:87-107.

Creatividad: un desafío para la sociedad en el umbral del milenio

Dra. Manuela Romo Santos

Introducción

Aunque pueda resultar un tópico, es de gran importancia reconocer que la sociedad de las últimas décadas del siglo XX y la del siglo XXI se está transformando a un ritmo vertiginoso como nunca había sucedido antes en la historia de la humanidad. Esta situación determina la gran trascendencia que tiene el desarrollo de la creatividad y la innovación en la sociedad que nos ha tocado vivir, de tránsito al tercer milenio. En este contexto, la Unesco en 2002 describe una serie de tendencias que van a transformar tanto la sociedad como los espacios educativos *(Futuros posibles. Diez tendencias para el siglo XXI).* De entre ellas selecciono las que demandan mayor grado de creatividad en la conducta social:

- La llegada de la tercera revolución industrial, con el auge de la informática y las ciencias y tecnologías de la información y la comunicación, crea nuevas áreas profesionales, lo que reclama, a su vez, nuevas formas de adquirir y procesar los conocimientos.
- Otras tendencias son los peligros medioambientales o las amenazas a la paz, que requieren también crear nuevos campos de conocimiento. También exigen una mayor vinculación entre ciencia y tecnología creando puentes en el conocimiento y aproximaciones multidisciplinares e innovadoras.
- Educación en valores, interdisciplinariedad y desarrollo de competencias creativas en la educación son aspectos necesarios para enfrentarse con éxito a estas tendencias transformadoras de las que habla la Unesco.

El desafío de la creatividad en la sociedad actual

Considero que los siguientes atributos son esenciales para definir la sociedad que nos ha tocado vivir en este ciclo histórico, y suponen un reto para la creatividad en orden a responder de manera pertinente a los problemas que plantean tales atributos (Romo, 2008a).

En primer lugar, vivimos en una sociedad compleja y global. Una sociedad donde se producen cambios vertiginosos que inmediatamente se globalizan. La complejidad e incertidumbre que caracteriza a nuestro mundo demanda un nuevo tipo de ciudadanos. Ciudadanos que necesitan adaptarse a tales cambios por el bienestar personal y social. Personas con apertura mental, flexibilidad de pensamiento, tolerancia a la incertidumbre, capacidad de aceptar la novedad, pero a la vez contribuir a la novedad y al cambio. Todas ellas son características del pensamiento creativo.

Por otra parte, vivimos en la sociedad del conocimiento. Lo que se ha llamado la economía sin peso. La mayor parte de

la riqueza en la productividad económica está basada en recursos intangibles: información, capital humano, investigación y desarrollo, servicios. Especialmente en los países más desarrollados se ha producido una acelerada transición de una economía de carácter industrial a otra basada en el conocimiento. Los problemas emergentes que este cambio suscita requieren de nuevo la creatividad. La gestión del conocimiento demanda no tanto la reproducción como la generación de nuevo conocimiento, lo cual es atributo del pensamiento creador (Romo, 2008a).

Aceptar el desafío

Nunca como hoy en el escenario mundial se había reconocido la trascendencia e impacto que tienen los nuevos conocimientos en la configuración de las condiciones para el futuro de la sociedad. La innovación tiene cada vez un peso mayor en el trabajo de los departamentos de investigación y desarrollo de empresas e instituciones.

Durante mucho tiempo ha habido en la enseñanza, especialmente en la enseñanza superior, un desprecio sistemático a la innovación y la creatividad. Se ha fomentado un aprendizaje memorístico, basado en la autoridad, sin una visión crítica, penalizando la independencia y la autonomía, etc. Afortunadamente, las cosas están cambiando y se están produciendo una serie de cambios fundamentales en la educación superior. Qué mejor ejemplo que la presencia de un foro como este, donde debatimos sobre neurociencia y creatividad, o la presencia de titulaciones que incluyen la creatividad en el currículum o la tienen como objetivo principal. Así sucede con el Doctorado interuniversitario en Creatividad Aplicada que desde 2000 desarrollamos entre las universidades Complutense y Autónoma de Madrid.

Los poderes públicos están reconociendo progresivamente la necesidad de crear redes y núcleos de formación en innovación ligados a centros universitarios así como iniciativas de carácter más general como estrategia en el desarrollo de los países. Con esta filosofía, la Comisión Europea declaró el 2009 como el Año de la Creatividad y la Innovación.

Creatividad histórica y creatividad personal

Pero, cuando hablamos de creatividad, parece que sufrimos una cierta esquizofrenia, porque siempre nos vienen a la mente ejemplos como estos: la *5.ª sinfonía de Beethoven, Don Quijote de La Mancha, la Gioconda, el Moisés* de Miguel Ángel, el Taj Mahal o un transbordador espacial. Ejemplos de memes, ítems de información cultural, artística o científica que han pasado a la historia. Seis ejemplos, entre muchos otros posibles, que han hecho avanzar a nuestra especie, que nos han llevado desde las cavernas hasta Saturno, porque es la creatividad la responsable de todo el avance de la civilización humana. Pero hemos de preguntarnos si las mentes de los genios que produjeron tales obras funcionan con procesos mentales diferentes, exclusivos, y nuestra respuesta es que ¡no hay nada especial!

Lo que hay de especial en las grandes obras de la creatividad humana son los resultados, no los procesos. Se trata de pro-

cesos mentales ordinarios con resultados extraordinarios. Y, a partir de ahora, voy a mostrar lo que Beethoven, Cervantes, Miguel Ángel, Leonardo, Einstein y todos nosotros tenemos en común. No significa esto que debamos trivializar el trabajo de estas mentes: desmitificar el genio no significa quitarle grandeza. Sencillamente, lo que se plantea es que entre la H-creatividad y la P-creatividad no existen diferencias cuantitativas, según los conceptos reconocidos por diversos autores (Boden, 1994; Kaufman, 2009), entre la creatividad de genios como los mencionados, que han pasado a la historia, y la creatividad personal de la vida diaria, esto es, la que ponemos en juego al improvisar en la cocina combinando de forma novedosa los ingredientes, o en las relaciones humanas para animar una reunión con sugerentes ocurrencias humorísticas, o en el aula para organizar actividades innovadoras que puedan hacer accesible para nuestros alumnos un tema complejo.

Las consecuencias que este enfoque tiene para el estudio científico de la creatividad son de gran trascendencia porque implican la posibilidad de un análisis sistemático. En otras palabras, suponen la posibilidad de un estudio científico. Si desmitificamos el genio y hablamos de procesos mentales ordinarios en lugar de considerar la visión inspiracionista de la musa o de una inteligencia sobrenatural o de oscuros procesos inconscientes, entonces entender la creatividad de la gente corriente nos ayudará a entender la creatividad de Einstein.

Como defino en mi libro P*sicología de la Creatividad:* creatividad es una forma de pensar cuyo resultado son cosas que tienen a la vez novedad y valor. Porque pensar es lo que hizo Einstein para llegar a su teoría de la relatividad, o lo que hizo Beethoven al componer la *5.ª sinfonía,* pero también lo que hace un creativo publicitario al crear un eslogan o lo que hace una joven para hacer caer rendido a sus pies al chico de sus sueños.

Pero veamos cómo es esa forma de pensar y también la forma de ser asociada a esos procesos cognitivos, porque no basta con tener 15 minutos de brillantez y crear algo especial, sino que la gente creativa se comporta así de forma estable, es creativa, sencillamente, y eso requiere otra serie de rasgos que no son de naturaleza cognitiva.

El pensamiento creador

Esa forma de pensar no es sino un proceso de solución de problemas. Pero una clase especial de problemas, una forma especial de tratar con ellos y, por último, unas soluciones muy especiales para los mismos. El mismo Einstein supo vislumbrar la naturaleza de este proceso psicológico en la física:

> "Galileo formuló el problema de la medición de la velocidad de la luz, pero no lo resolvió. La formulación de un problema es frecuentemente más esencial que su solución, que puede ser tan sólo un asunto de destreza matemática o experimental. Plantearse nuevas cuestiones, nuevas posibilidades, mirar viejos problemas desde un nuevo ángulo, requiere una imaginación creadora y marca un avance real en la ciencia."
>
> (Einstein e Infeld, 1938: 92).

Lo propio de la solución creativa de problemas es saber encontrarlos, definirlos –es decir, formularlos de manera que tengan sentido y sean resolubles– y plantear una estrategia para su resolución.

En la creación artística hablamos de problemas que son de naturaleza estética y personal. Dice Gombrich (1961) que en el arte es un problema objetivo el deseo subjetivo de expresar alguna idea, emoción o experiencia. Durante el proceso, el artista va definiendo el problema y solucionándolo con los medios a su alcance mediante nuevas formas de expresión.

Ya desde Guilford –el gran impulsor de los estudios sobre creatividad en EE.UU.– se habla de *sensibilidad a los problemas:* saber encontrar dificultades, limitaciones, inconsistencias, de la necesidad de cambio (Guilford, 1959). Es ese "divino descontento" del creador. Una disposición abierta y receptiva al entorno, pero crítica a la vez. Actitud crítica también con su trabajo, que dura hasta el final del proceso, hasta que se completa la obra.

Esta sensibilidad planteará obviamente al creador muchos problemas para resolver. Problemas que deberán ser formulados, "problemas mal definidos". Cuanto más se demore el proceso de formulación, de definición de su estructura definitiva, más creativa será la solución. Porque ello implica el esfuerzo de mantener tolerancia a la ambigüedad, resistencia al cierre; así se favorecen nuevos enfoques, nuevas aproximaciones, la posibilidad de utilizar información adicional que sirva para nuevas y originales soluciones (Romo, 2008b).

La información añadida que facilita las soluciones originales puede venir de dentro o de fuera del sujeto. El creador va siempre "con las antenas puestas", receptivo para encontrar algo indefinido pero valioso para su trabajo. A veces, es el azar lo que desencadena el afortunado descubrimiento. Es el fenómeno bautizado en inglés con el nombre de *serendipity,* donde la historia de la ciencia nos muestra innumerables ejemplos; el libro de Roberts, *Serendipia,* recoge decenas de ellos (Roberts, 1992): Fleming y la penicilina, Pavlov y el reflejo condicionado, Beckerel y la radiactividad natural... Pero, ¡la suerte es para el que la busca! "En el terreno de la invención, la suerte favorece a la mente preparada", dijo Pasteur.

Fleming podía haber tirado aquel cultivo enmohecido de estafilococos, pero no lo hizo porque estaba preparado para interpretar aquel fenómeno que se presentó ante sus ojos: cómo las bacterias habían sido atacadas en la zona afectada por el hongo *penicilium.* Supo adivinar la trascendencia de aquel descubrimiento casual y trabajo duro, a posteriori, en la investigación de aquel fenómeno que provocaba la destrucción de las colonias de bacterias atacadas por aquel extraño moho. Toda su investigación previa con sustancias antimicrobianas le había preparado el camino para llegar a la penicilina. El mismo Fleming lo expresaba así:

> "Si no fuera por la experiencia anterior, yo habría tirado la placa, como muchos bacteriólogos debieron haberlo hecho antes... También es probable que muchos bacteriólogos hayan apreciado cambios similares a los detectados por mí, pero en ausencia de algún interés por la aparición natural de unas sustancias antibacterianas, los cultivos simplemente se descartaron."
>
> (Fleming, en Roberts, 1989: 252).

Una vez formulados, el científico atacará los problemas con una actitud de flexibilidad mental; esto significa despreciar la inercia, romper con el set, romper con la tendencia a utilizar procedimientos estandarizados en la solución de problemas, significa también buscar dimensiones ocultas en el problema, convertir lo extraño en familiar y lo familiar en extraño –como en la técnica "synectica" de Gordon para la solución creativa de problemas en grupo–. Según parece, Einstein dijo: "Todo el que aspire a ser un auténtico científico debe dedicar al menos media hora al día a pensar al contrario que los colegas" (en Di Troccio, 1997: 9). Sólo un pensamiento flexible puede alcanzar esas reestructuraciones repentinas, esa reorganización de los elementos en una nueva *gestalt* que son los procesos de *insight.* Tal sucede en muchos de los casos ya mencionados de descubrimientos repentinos.

Pero la estrategia más genuina del pensamiento creador es la analogía, mediante ella se conectan realidades muy distintas en formas originales y valiosas. A este proceso se han referido los autores de muy diversa forma: Koestler en su obra clásica *The act of creation* lo llamó "bisociación" y consideraba que el verdadero logro en muchos descubrimientos científicos es ver una analogía donde nadie la había visto antes; Mednick definió la creatividad en términos de asociaciones remotas (Mednick, 1962). Es muy interesante desde la psicología cognitiva, a este respecto, la obra de Holyoak y Thagard (1995), *Mental leaps: analogy in creative thought,* quienes consideran la analogía como la esencia del pensamiento creador y, a la vez, el fundamento mismo del pensamiento humano (Romo, 2003).

Buenos ejemplos de analogías afortunadas y famosas son: el modelo del átomo de Bohr como un sistema solar, la conciencia como la corriente de un río de William James, el anillo del benceno y la serpiente que se muerde la cola, la analogía de Hartley comparando el corazón con una máquina o la de Franklin comparando la electricidad con el relámpago.

En la ciencia se presentan muchas veces como formas compuestas, resultantes de procesos de integración y transformación que organizan la experiencia cognitiva como instrumentos a través de los cuales observar la realidad (Preta, 1992). Gruber, en su libro programático Darwin sobre el hombre, habla de una clase de analogías especialmente productivas que denomina: imágenes de amplio alcance, capaces de integrar otras distintas y, por tanto, de gran valor heurístico en la explicación científica.

Al respecto, resulta muy interesante el trabajo de Osowski, un discípulo de Gruber, sobre las metáforas de Willian James: la "corriente", el "pastor", el "sendero" para la conciencia, el "posarse y volar como un pájaro" de la imaginación…, y otras que le sirvieron como una herramienta representacional para organizar el conocimiento, relacionar la información con nuevos conceptos y expandir el alcance de su teoría (Osowski, 1992).

Pero, si en la ciencia es importante la analogía, en las artes es su propia esencia: expresión del problema mediante símbolos. La poesía es metáfora. La literatura y hasta el periodismo hacen constante recurso de ella. En el lenguaje coloquial de

la vida cotidiana, en el humor –un arte, para muchos– hacemos constante uso de la metáfora. He aquí de nuevo el argumento de los procesos mentales ordinarios en la creatividad. En el chiste afortunado, lo que hay, muchas veces, es una analogía inusual que sorprende.

Sin embargo, su definición como proceso psicológico es complicada y aún misteriosa. No es cosa de cortar y pegar. Los conceptos no están pegados sino fundidos, configurando una nueva realidad. De ahí las grandes limitaciones de los programas literarios de inteligencia artificial. Por eso, ni siquiera los nuevos modelos conexionistas de inteligencia artificial que conforman un reflejo más fiel del funcionamiento de la mente humana podrán nunca replicar la creatividad extrema que implica ruptura de paradigmas y creación de nuevos espacios conceptuales (Romo, 1997).

Hace más de 2.000 años, un gran psicólogo llamado Aristóteles supo vislumbrar la importancia de este proceso para la creación. A él se le atribuyen estas palabras: "la metáfora, la percepción de la similitud en lo que es disimilar es el signo del genio".

La motivación intrínseca

Los individuos creativos desean ser creativos y organizan sus vidas para magnificar las probabilidades de alcanzar ese objetivo. Es por eso que constatamos la creatividad con una presencia regular y estable; la obra única se da en casos muy aislados y, a la vista de la enorme productividad de la mayoría de los genios, la conclusión es obvia y necesaria: esta gente ha gastado durante su vida la mayor cantidad de tiempo y energía en su trabajo (Romo, 1997: 153).

El "amor al arte" es, en términos coloquiales, lo que aquí estamos tratando. En efecto, sólo con un inconmensurable amor al trabajo, presente siempre en los grandes creadores, se explica ese fuerte entusiasmo y resistencia al abandono hasta en las épocas más duras: sin recompensas, sin reconocimiento..., hasta sin inspiración –los períodos de "sequía" de los que tantos artistas hablan.

Es la motivación para mantener el esfuerzo día tras día con jornadas extenuadoras de trabajo: diez, doce o más horas diarias. Van Gogh, paradigma de motivación intrínseca, escribía a su hermano Theo desde Arlés en estos términos un año antes de su muerte y ya plenamente afectado por su dolencia psicopatológica:

> "Si estoy solo, nada puedo hacer al respecto, pero te digo con honestidad que tengo menos necesidad de compañía que del trabajo duro y desenfrenado y es por eso que me atrevo a encargar telas y pinturas. El único momento en que me siento vivo es aquel en que me sumerjo en mi trabajo."
>
> (Van Gogh, 1888).

Estamos hablando, obviamente, de motivación intrínseca. Todos los ingredientes intelectuales mencionados son estériles si falta el propósito. Significa interés por la propia tarea más que en la competencia, los premios, el dinero o el reconocimiento social.

En los trabajos de Amabile (Amabile, 1983, 1989, 1996) hay una gran evidencia experimental acerca de cómo puede reducirse el grado de creatividad

de un producto afectando negativamente la motivación intrínseca al introducir restricciones externas como la vigilancia, la imposibilidad de elección respecto a los medios para realizar una tarea, la evaluación o, sencillamente, asociando una recompensa externa a algo que hasta entonces se hacía por puro placer. Cuando la recompensa adquiere un valor extremo para el sujeto o la presión de los condicionantes externos es muy fuerte, la atención se divide entre la propia tarea y los motivos externos, lo que determina un decremento de los recursos del pensamiento para el trabajo creativo.

No queremos decir con todo lo expuesto que la gente no agradezca el pago de su obra, que aquellos ya consagrados desprecien los reconocimientos o les produzcan bostezos los homenajes. Todo ello atenta contra la evidencia, y también contra la naturaleza humana. Estas cosas repercuten beneficiosamente en el trabajo creador, pero sólo cuando hay una fuerte motivación intrínseca previa. La motivación extrínseca sólo será beneficiosa para la creatividad cuando se añada a la otra. Lo que se plantea es que la recompensa puede tener un efecto añadido; puede favorecer el esfuerzo creador cuando la gente ya está motivada intrínsecamente.

La personalidad creativa

Las características de personalidad que describo a continuación constituyen los rasgos cuya presencia ha sido constatada sistemáticamente en las diversas formas de expresión creativa a través de estudios de casos o trabajos empíricos psicométricos mediante la aplicación de inventarios o cuestionarios de personalidad (recojo y sintetizo aquí las ideas principales respecto a motivación y personalidad creativas aportadas en otras publicaciones: Romo, 1997, 2003, 2008b, 2008c).

Perseverancia ante los obstáculos

Decía Dostoievsky que el genio es la paciencia mantenida.

El misterio de la creatividad es algo tan prosaico como el esfuerzo prolongado durante muchos años. Desde que Hayes (1981) enunciara la regla de los 10 años –hace ahora 20– en su estudio con músicos, este principio se ha venido cumpliendo de forma general en los estudios sobre grandes creadores. Es la perseverancia la que da cuenta de este hecho, que no posibilita aportar una obra maestra en el dominio que sea antes de 10 años de inmersión profunda y trabajo sostenido. Para romper las reglas hay que dominarlas. Diez años es el tiempo mínimo para conocer a fondo una disciplina y ejercitar, de forma exitosa, las habilidades propias del pensamiento creador en los problemas de la misma.

Este rasgo supone invertir una gran cantidad de energía en el trabajo para remover los obstáculos tanto externos como propios que impiden la realización creativa. Ejemplo notorio del segundo caso es el del físico inglés Stephen Hawking.

Capacidad de asumir riesgos

La personalidad creativa acepta los retos; en su campo de trabajo se embarca en aventuras de riesgo, normalmente un riesgo calculado y, aunque el fracaso puede llegar, sin embargo, el temor al mismo no va a paralizar ni a bloquear los

proyectos. Sternberg propone una "teoría de la inversión"; como un inversor en la bolsa, el creador invierte en el reino de las ideas comprando a la baja ideas donde los demás no consideran que merece la pena invertir y vendiéndolas al alza, cuando las han desarrollado y convertido en ideas valoradas de forma general (Sternberg y Lubart, 1997).

Todos los grandes creadores que han roto esquemas previos y fundado nuevos paradigmas han asumido importantes riesgos como sufrir el rechazo, escarnio, aislamiento, destierro y hasta la cárcel –recordemos a Darwin o Galileo–, pero su obra ha sido finalmente reconocida, aunque, desgraciadamente para algunos, después de morir.

Charles Robert Darwin tuvo que afrontar innumerables desafíos antes y después de publicar su teoría sobre la evolución. Su obra *El origen de las especies* (1859) le supuso 20 años de preparación. Mientras se ganaba el reconocimiento por la comunidad científica con trabajos normativos, se dedicó a preparar su defensa ante las previsibles críticas. Para evitar herir susceptibilidades, reservó su explicación sobre el *Homo sapiens* para la obra *El origen del hombre,* que retrasaría aún 12 años más. Sin embargo, ninguna de sus precauciones le salvó finalmente del rechazo y el desprestigio personal (Gruber, 1974). Acaso fue premonitoria, al respecto, aquella entrada en su cuaderno de notas (cuaderno *Ciencia;* abril 1938), donde decía "mencionar la persecución de los primeros astrónomos", en alusión a la persecución que Bruno o Galileo sufrieron por parte de la Iglesia por mantener la visión heliocéntrica (Romo, 2008b).

Tolerancia a la ambigüedad

En lo cognitivo significa una actitud de resistencia a la inercia de formular y resolver de inmediato los problemas o de dominar la incertidumbre. Este rasgo tiene un significado muy amplio en la personalidad creativa.

Csikszentmihalyi (1998) habla de la personalidad paradójica, donde pares de rasgos supuestamente opuestos se presentan dialécticamente integrados en la persona creadora. Así habla de introversión y extraversión, carácter lúdico y disciplina, tradición y rebeldía, masculinidad y feminidad, sufrimiento y placer, fantasía y realismo, soberbia y humildad...

Los creadores se exponen a gran cantidad de esfuerzo y sufrimiento, pero también experimentan un intenso placer en la realización de su trabajo, si no, obviamente, lo abandonarían. Como consecuencia tienden a ser emocionalmente inestables, aunque mantienen su tensión bajo control consciente. Los estudios psicométricos confirman que en las personas creativas se da, a la vez, una mayor inestabilidad emocional unida a una gran fuerza del yo. Serían individuos con alto neuroticismo, rasgo que predispone a la patología, pero mantendrían sus tensiones bajo control voluntario y canalizarían esa energía hacia su labor creadora. En ocasiones, la experiencia placentera cristaliza en momentos cumbre, como lo que Csikszentmihalyi denomina "experiencia de flujo", en que la persona experimenta un estado extremado de inmersión en la tarea, donde la autoconciencia se pierde. El flujo se asocia siempre a actividades autotélicas, es decir, motivadas intrínsecamente (Csikszentmihalyi, 1998).

Apertura a la experiencia

En el científico es la sensibilidad a lo nuevo, a lo discordante con los esquemas establecidos. Conocer, probar, buscar, ir con las "antenas puestas" como mencioné antes. Recordemos aquella frase de Einstein: "yo no tengo dotes especiales, sólo soy apasionadamente curioso".

Carl Rogers es el autor que más ha enfatizado este rasgo personal de la creatividad. La disposición a estar abiertos a la experiencia tanto externa como de dentro del propio sujeto. En el más reciente modelo "big five" de personalidad (Digman, 1990), el rasgo de apertura mental, aparece sistemáticamente destacado en todos los estudios con personas creativas.

Autoconfianza

La presencia de los rasgos anteriores es interdependiente con unas buenas dosis de confianza en sí mismo, confianza para afrontar lo inesperado, la incertidumbre, los obstáculos, el fracaso o para aceptar los conflictos internos.

Sin un buen autoconcepto, especialmente en todo lo que rodea la actividad creadora del individuo, la creatividad no es posible. En términos psicodinámicos se habla de una gran fuerza del yo que genera la energía necesaria para mantenerse en un proyecto vital de trabajo por encima de todo.

Independencia

Este rasgo tiene varias facetas. En primer lugar, hablamos del estilo cognitivo independencia de campo, que significa capacidad para no dejarse condicionar por estructuras perceptivas dadas. Tal independencia correlaciona altamente con la flexibilidad de pensamiento (Romo, 1986), que a nivel cognitivo es la independencia para buscar nuevos enfoques, abandonar sets mentales y alejarse de los caminos convencionales al tratar con los problemas.

Pero también es independencia en la conducta social, la cual condiciona un comportamiento autónomo, rebelde, a veces, marginal. Es la marginalidad que postula Gardner (1995) como un principio de conducta en sus siete grandes creadores de la era moderna: Freud, Einstein, Picasso, Gandhi, Grahan, Eliot, Stravinsky.

La independencia se vincula con la autoconfianza. Ciertamente, hay interdependencia entre todos los rasgos mencionados, así como entre estos, la motivación y el pensamiento, para generar –de manera integrada– el fenómeno más completo y fascinante de la naturaleza humana: la creatividad. Así, al menos, lo concebimos algunos.

Los 7 ingredientes de la creatividad

Como síntesis, presento una visión comprensiva y multifacética de la creatividad, que he llamado "los 7 ingredientes de la creatividad", que nos permiten acercarnos a la comprensión de la H-creatividad a partir de un conjunto de ingredientes que forman este "explosivo" cóctel de la creación humana, pero cuya combinación exacta todavía desconocemos (Romo, 1997). Estos son:

1. *Habilidades de infraestructura.* Hablamos aquí de las inteligencias de dominio, sin entrar aquí en polémica acerca de la naturaleza innata o adquirida de esas capacidades. Efectivamente, las habilidades propias del pensamiento creador interac-

túan con las habilidades pertinentes para el área de dedicación del creador, y sin un óptimo nivel de desarrollo de estas no se alcanzará una obra maestra. Efectivamente, sin una gran inteligencia musical no hay Mozart, sin una gran inteligencia matemática no hay Einstein, ni Ghandi sin una gran inteligencia interpersonal. En su libro Mentes Creativas, Gardner considera siete grandes áreas de la creatividad, diversificadas de acuerdo a su modelo de las inteligencias múltiples (Gardner, 1995). Pero, también es cierto que no es suficiente con poseer una descomunal inteligencia de dominio para crear. La presencia añadida de las destrezas propias de la creatividad marca la diferencia entre el creador y el reproductor. Por eso he llamado a este ingrediente: habilidades de infraestructura.

2. *Conocimiento.* Dominio de toda la información relevante del ámbito mediante el conocimiento personal y el acceso por memorias externas. Para hacer un avance en una disciplina hay que dominarla; crear un nuevo paradigma requiere romper con el anterior, conociendo todos sus entresijos y limitaciones.
3. *Destrezas.* Es el dominio de los heurísticos propios del pensamiento creador, para tratar con la información en formas divergentes permitiendo la definición de nuevos problemas y favoreciendo el hallazgo de soluciones originales para los ya planteados mediante nuevos enfoques o aproximaciones a los problemas y las estrategias del pensamiento analógico.
4. *Diez años o más de intensivo trabajo inicial.* El tiempo es elemento básico para llegar a las más altas cotas de la creación. Un periodo mínimo de 10 años es necesario para consolidar los tres elementos psicológicos previos. La regla de los 10 años, definida originalmente por Hayes en su estudio con músicos (Hayes, 1981) y ratificada por Gardner en su trabajo con los siete grandes creadores de la era moderna (Gardner, 1995), postula que para hacer una obra maestra es necesario este periodo previo de inmersión profunda en una disciplina. Yo lo he definido como "20.000 horas de trabajo mantenido". Es el tiempo aproximado de trabajo en un área para estar en condiciones de hacer un avance radical.
5. *Características personales de perseverancia, capacidad de asumir riesgos, apertura, tolerancia a la ambigüedad, autoconfianza e independencia.* La creatividad comporta una forma de pensar, pero también una forma de ser, la presencia de una serie de rasgos de personalidad favorables para soportar el trabajo creador durante una vida dedicada a una disciplina y que he presentado previamente. Los seis mencionados son los que concitan más acuerdo entre los investigadores de la personalidad creativa.
6. *Motivación intrínseca.* Interés intrínseco en un campo determinado, amor al trabajo estable y mantenido a lo largo de muchos años que justifica todo lo anterior, tiñendo de un afecto positivo el esfuerzo, materializado en momentos de experiencias cumbre, que Csikszentmihalyi ha definido muy bien con su concepto de "fluir".
7. Y, finalmente..., *un poco de suerte.* ¿Por qué no? En la versión romántica sería la visita de la musa. No desdeñamos el

papel que el azar juega aquí..., y en casi todo en la vida, por cierto. La suerte de encontrarse con un fenómeno que es clave para un gran descubrimiento por serendipia, el azar de estar en un lugar y en una época determinada donde hay un buen caldo de cultivo para la innovación, como en la Florencia del Renacimiento o el París de comienzos del siglo XX, y hasta el azar de haber nacido en el seno de una familia librepensadora que estimule el interés en una disciplina, la independencia de juicio y un ambiente favorecedor para desarrollar desde la infancia el placer intrínseco de una actividad intelectual. Claro, que la suerte tendrá un papel sólo si existen los seis ingredientes previos.

Quizás algún día, algún matemático de la teoría del caos nos ayude a ponderar la contribución de estos ingredientes para explicar cómo se hizo el Guernica (Romo, 1997: 232). Por ahora, lo que sí sabemos de estos siete ingredientes es que son todos los que están.

Bibliografía recomendada

Amabile TM. The social psychology of creativity. New York: Springer-Verlag, 1983.

Amabile TM. Growing up creative. Buffalo. Nueva York: The Creative Education Foundation, 1989.

Amabile T. Creativity in context. Colorado: Westview Press, 1996.

Boden M. La mente creativa. Mitos y mecanismos. Barcelona: Gedisa, 1994.

Einstein A, Infeld L. The evolution of physics. Nueva York: Simon y Schuster, 1938.

Csikszentmihalyi M. Creatividad. El fluir y la psicología del descubrimiento y la invención. Barcelona: Paidós, 1998.

Gardner H. La nueva ciencia de la mente. Barcelona: Paidós, 1995.

Gombrich. Art and illusion. Princenton. New Yok: Princenton University Press, 1961.

Gruber HE. Darwin sobre el hombre. Un estudio psicológico de la creatividad científica. Madrid: Alianza, 1974.

Guilford JP. Three faces of intellect. American Psychologist 1959; 14:469-79.

Hayes JR. The complete problem solver. Philadelphia: Franklin Institute Press, 1981.

Holyoak K, Thagard P. Mental leaps: analogy in creative thought. Cambridge: The MIT Press, 1995.

Kaufman J. Creativity 101. Nueva York: Springer Publishing Company, 2009.

Mednick SA. The associative basis of the creative process. En Rothemberg y Hausman, The Creativity Question, 1962.

Preta L. Imágenes y metáforas en la ciencia. Madrid: Alianza, 1992.

Roberts RM. Serendipity. Nueva York: Wiley and Sons, 1989.

Romo M. Independencia de campo y pensamiento divergente. Revista de Psicología General y Aplicada 1986; (41):921-32.

Romo M. Psicología de la Creatividad. Barcelona: Paidós, 1997.

Romo M. Bases psicológicas de la creatividad. En Gervilla, A. Creatividad Aplicada. Madrid: Ed. Dikinson, 2003.

Romo M. La creatividad como propuesta para la calidad en la educación superior. En M. Valadez Huizar y S. Ayala Rubio (Eds.). La calidad de la educación superior y la investigación científica. Guadalajara, México: Editorial Cucsh-Universidad de Guadalajara, 2008a.

Romo M. Epistemología y Psicología. Madrid: Ed. Pirámide, 2008b.

Romo M. Los fundamentos psicológicos de la creatividad. En Ferreiro R, Mitjans A, Montesino I, Rodríguez A, Romo M y Waisburd G. La Creatividad: un bien cultural de la humanidad. México: Ed. Trillas, 2008c.

Sternberg RJ, Lubart T. La creatividad en una cultura conformista. Barcelona: Paidós, 1997.

Primeras manifestaciones de arte rupestre paleolítico: el final de las certidumbres

Dr. Hipólito Collado Giraldo

Introducción

En este artículo se realiza un repaso sobre las manifestaciones de arte rupestre cuyo contexto cronológico supera la fecha de 30.000 años BP, en un recorrido que comienza con los que hasta la fecha son considerados los grabados más antiguos del mundo, documentados en el continente indio, que superan los 200.000 años de antigüedad, y continúa con diversos ejemplos recogidos en África, Australia y Sudamérica. El último apartado se centra en el continente europeo (Francia, Italia y España), haciendo referencia a varios conjuntos gráficos contextualizados entre los momentos finales del Paleolítico Medio y los comienzos del Paleolítico Superior.

Palabras clave: Arte rupestre, antiguo, Paleolítico Medio, Paleolítico Superior.

El arte rupestre es posiblemente la manifestación más genuina del ser humano. Una acción intencionada que utiliza como vehículo para expresar ideas, creencias, sentimientos o acontecimientos de su vida y quehacer cotidiano. Se trata, por tanto, de una manifestación universal que aparece en mayor o menor medida a lo largo y ancho de toda la geografía mundial en aquellos espacios que en algún momento fueron ocupados por nuestra especie.

Como tal, el arte rupestre nace con una intención, pues, en esencia, la manifestación gráfica, ya sea pintada o grabada, tiene un carácter activo que trasluce la capacidad intelectual del ser humano para expresarse a través de símbolos, abstrayendo su propia realidad.

Cuándo comienza este arte es una cuestión que ha generado intensos debates (Bednarik, 2003), máxime a partir del desarrollo y las mejoras en las metodologías de datación aplicadas al arte rupestre (Lorblanchet y Bahn, 1993), y obviamente con la intensificación de los trabajos de investigación que han puesto a disposición de la comunidad científica una serie de datos, en algunos casos no exentos de polémica, que, no obstante, vamos a ir desgranando en los siguientes apartados, estructurándolos en tres grandes bloques cronológicos:

1. Arte rupestre con más de 100.000 años.
2. Arte rupestre entre 100.000 y 40.000 años.
3. Arte rupestre entre 40.000 y 30.000 años.

1. Más de 100.000 años

Auditorium Cave (Bhimbetka, Madhya Pradesh, India)

Localizada en la zona central de la India, la región de Bhimbetka es conocida por sus impresionantes formaciones cuarcíticas,

que dan cabida a una de las mayores concentraciones de arte rupestre prehistórico de este continente, conociéndose actualmente más de medio millar de estaciones pintadas o grabadas. Entre ellas se encuentra la denominada Auditorium Cave, una gran formación rocosa atravesada por dos galerías que conforman un recorrido en cruz (figuras 1a y 1b), donde fueron localizadas las que hoy por hoy son consideradas las manifestaciones de arte rupestre más antiguas del mundo (Bednarik, Kumar y Watchman, 2005).



Figura 1A. Auditorium Cave (Bhimbetka, India). Tomado de Raveesh Vyas, Flickr/CC BY-SA 2.0.

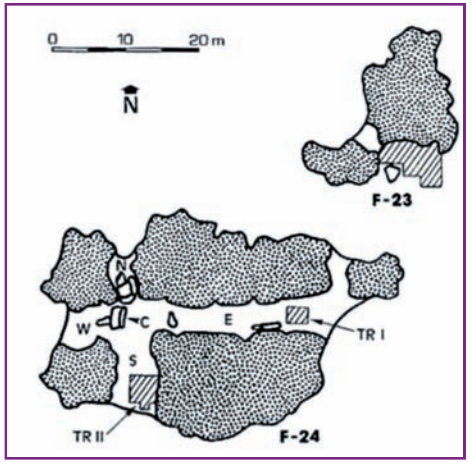


Figura 1B. Planta de Auditorium Cave. Tomado de Bednarik, Kumar y Watchman, 2005: 155, fig. 8.

En esta cavidad, el arqueólogo V.S. Wakankar (1983) localizó una roca con dos figuras grabadas, una cazoleta y a su derecha una línea ondulada (figura 2), depositadas en un nivel cubierto por una sólida capa calcítica que garantizaba su inalterabilidad (figura 3), con presencia de instrumentos líticos que contextualizaban los grabados en el periodo Achelense, con una antigüedad en torno a los 290.000 años.



Figura 2. Petroglifos de Auditorium Cave. Tomada de http://www.visual-arts-cork.com/prehistoric/bhimbetka-petroglyphs.htm.

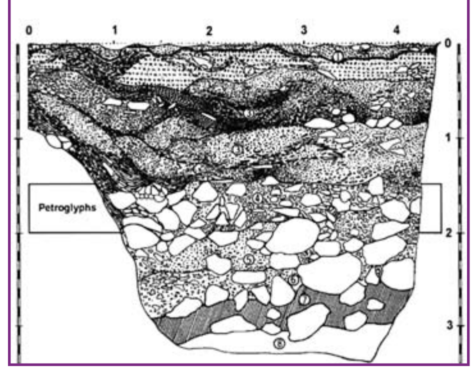


Figura 3. Perfil estratigráfico con indicación de los niveles achelenses donde fueron localizados los petroglifos. Tomado de Bednarik, Kumar y Watchman, 2005: 154, fig. 7.

Daraki-Chattan (Rewa Chambal valley, Madhya Pradesh, India)

Este enclave es una pequeña, estrecha y profunda cavidad de cuarcita que estaba siendo estudiada desde 1995 (Kumar, 1996). En el yacimiento se constató desde sus niveles superficiales industria lítica achelense, circunstancia a la que se unía además la existencia sobre sus paredes de más de 500 cazoletas grabadas (figura 4). Tal circunstancia llevó a su excavador a considerar la posibilidad de una cronología antigua para estos petroglifos. De este modo y a partir del año 2001 el yacimiento quedó incluido en el marco del proyecto EIP *(Early Indian Petroglyph)*[1] , siendo sometido a una detallada intervención arqueológica que permitió documentar algunos fragmentos de roca desprendidos de la pared que presentaban cazoletas, similares a las que se observaban sobre las paredes de la cueva y que cayeron en contextos arqueológicos correspondientes al periodo Achelense (figura 5) (Bednarik, Kumar y Watchman, 2005; 159-180), lo que, al igual que en Auditorium Cave, suponía reconocer la cronología antigua para estas representaciones.



Figura 4. Cazoletas de Daraki Chattan. Tomado de http://tierradeamacos.blogspot.com/2011/05/homo-erectus-hizo-cazoletas.html.

[1] http://mc2.vicnet.net.au/home/eip1/web/index.html.

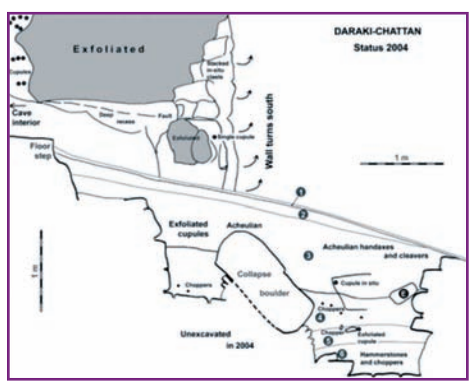


Figura 5. Corte estratigráfico de Daraki Chattan. Tomado de Bednarik, Kumar y Watchman, 2005; 172, fig. 26.

2. Entre 100.000 y 40.000 años

Blombos Cave (Southern Cape, Sudáfrica)

Blombos Cave se localiza en la costa sudafricana, entre las poblaciones de Ciudad del Cabo y Port Elizabeth. Situada sobre un acantilado a unos 35 metros sobre el nivel del mar, del que se separa unos 100 metros, el yacimiento viene siendo excavado desde el año 1991 por Christopher Henshilwood y Cedric Poggenpoel (Grine, Henshilwood y Sealy, 2000: 755-65), habiendo identificado tres momentos de ocupación, datados cronológicamente mediante luminiscencia estimulada óptimamente (OSL) y termoluminiscencia (TL):

- M1: 71.000 BP.
- M2: 78.000 BP.
- M3: 100.000-140.000 BP.

En todos ellos, desde los niveles más antiguos del Paleolítico Medio, y este hecho es lo que singulariza a la cueva de Blombos, se han detectado comportamientos simbólicos muy avanzados, como

el uso de sofisticados sistemas de talla por presión, una sistemática selección de materiales tanto en piedra como en hueso para la fabricación de herramientas, confección de adornos a base de conchas perforadas y teñidas de rojo, además del abundante empleo y elaboración de pigmentos a base de ocre, que era mezclado en el interior de conchas marinas usadas como recipiente.

A todo ello hay que unir una serie de fragmentos de piedras de ocre, localizadas indistintamente en todos los niveles (figura 6) (Henshilwood, D'Errico y Watts, 2009: 27-47), sobre los que fueron grabados series de trazos lineales, en algunos casos conformando haces de líneas sin orden aparente, pero en otros claramente organizados, desarrollando composiciones geométricas complejas, como la que aparece en el pequeño bloque paralelepípedo del nivel M1, que presenta sobre una de sus caras una serie de rombos verticales, compartimentados por tres líneas horizontales paralelas y que en su conjunto representan las, hasta la fecha, manifestaciones más antiguas de arte rupestre en el continente africano.

Diepkloof Rock Shelter (Western Cape, Sudáfrica)

Sin abandonar Sudáfrica, nos trasladamos a unos 150 km al norte de Ciudad del Cabo, donde se localiza este abrigo de unos 25 metros de anchura por 15 de profundidad situado en lo alto de una pe-

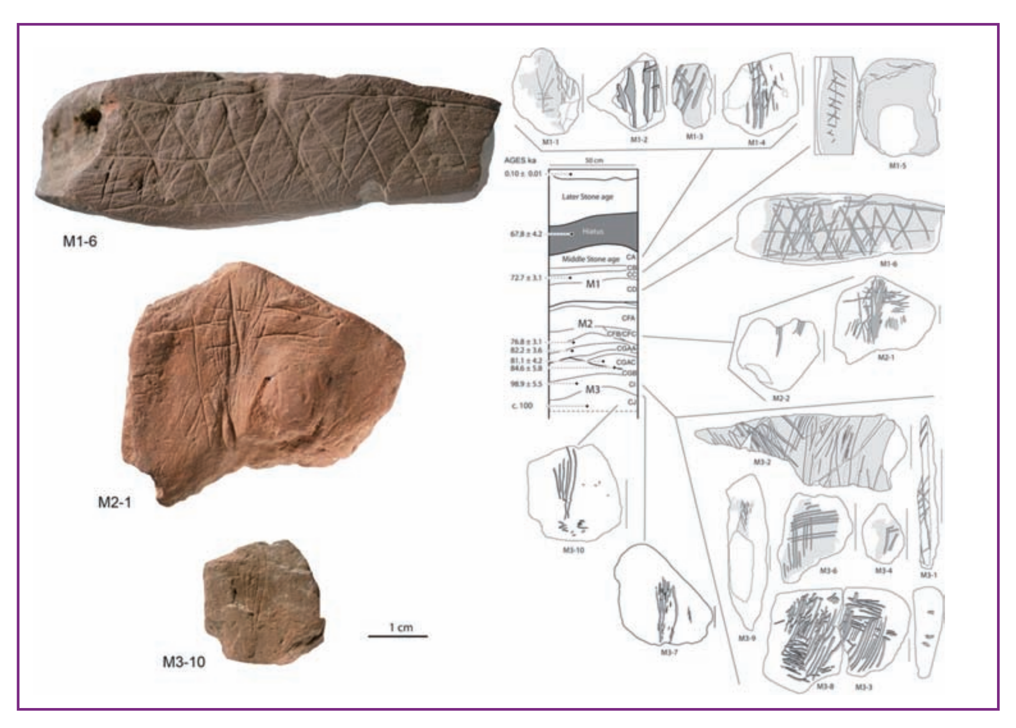


Figura 6. Fotos y calcos de las piezas M3-10, M2-1 y M1-6 de la Cueva de Blombos. Tomado de Henshilwood et al., 2009.

queña colina sobre un sustrato geológico de areniscas y cuarcitas a 17 km de la costa atlántica.

Este enclave excavado desde 1973 por John Parkington y Cedric Poggenpoel (Parkington y Poggenpoel, 1987: 269-93), a los que se unieron desde 1999 miembros del Instituto de Prehistoria y Geología Cuaternaria de la Universidad de Burdeos, contiene una de las secuencias arqueológicas más completas del Paleolítico Medio del África meridional, contextualizada cronológicamente entre 130.000 y 45.000 BP, y, al igual que sucedía en Blombos Cave, con indicios muy tempranos de comportamientos simbólicos avanzados.

En esta línea, queremos destacar la presencia de fragmentos correspondientes a cáscaras de huevo de avestruz que en torno al 65.000 BP comenzaron a ser decoradas con grabados lineales incisos a base de patrones geométricos reiterativos (trazos paralelos compartimentados, escaleriformes, haces de líneas, etc.) (figura 7), que posiblemente contornearan toda la superficie del huevo, y que sería utilizado como medio de transporte o almacenamiento de líquidos. Un sistema decorativo-simbólico que refleja una tradición gráfica desarrollada fundamentalmente en el período Howiesons Poort, y que enmarca un proceso de interacción social propio de grupos humanos más avanzados en el que los grabados podrían interpretarse en un doble sentido: asociados a un proceso de reivindicación individual dentro del colectivo social en el que se agrupa, o bien como un elemento de cohesión social e identificador grupal en un ámbito territorial más amplio (Texier y otros, 2010).

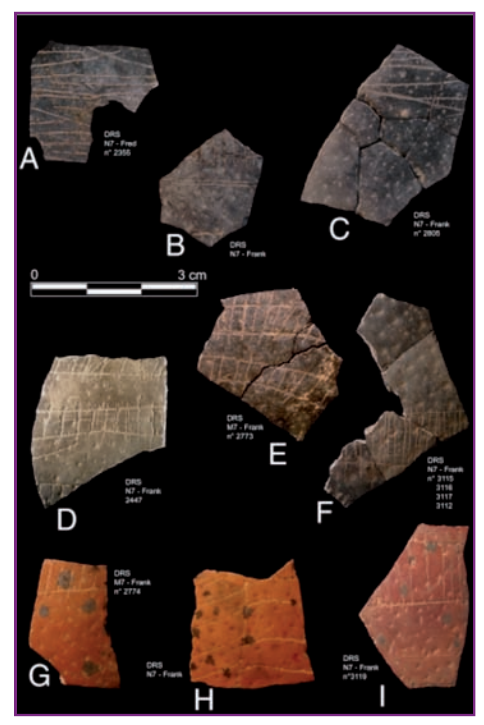


Figura 7. Fragmentos decorados de cáscara de huevo localizados en el nivel Howiesons del Abrigo Diepkloof. Tomado de Texier y otros, 2010.

Niwarla Gabarnmung Shelter (Arnhem Land, Australia)

Se trata de un gran abrigo localizado en el corazón del territorio de los Jawoyn, al este del Parque Nacional de Kakadu, donde han sido localizados desde hace algunos años más de 3.000 lugares con arte rupestre.

El abrigo de Gabarnmung fue descubierto en el año 2006 y ha sido excavado y documentado bajo la codirección de Bruno David y Jean Michael Geneste. Estas excavaciones han permitido recuperar, además de restos de fauna, instrumental lítico y fragmentos de pared con restos de pigmento que han sido fechados en torno a los 35.000 años de

antigüedad, lo que sitúa la ocupación humana de este abrigo entre las más tempranas del continente australiano.

Su espectacular arte rupestre polícromo (Gunn, Ogleby, Lee y Whear, 2010: 131-6), repartido en este y otros abrigos, por techo, paredes y una suerte de columnas que sostienen las grandes losas rocosas que configuran las cubiertas, reúne representaciones de fauna, como canguros, cocodrilos, peces; antropomorfos y representaciones espirituales de morfología geométrica. De entre todas destacaremos en este apartado una singular representación: una gran figura de un ave que ha sido identificada como un Genyornis (figuras 8a y 8b), animal prehistórico extinguido hace más de 40.000 años, lo que, unido a los contextos arqueológicos que se están localizando en los abrigos decorados del territorio Jawoyn, situaría a estas representaciones entre las manifestaciones gráficas más antiguas de Australia.



Figura 8a. Representación de un posible Genyronis pintado en el Abrigo Garbarmung. Tomado de http://newsjunkiepost.com/2010/06/10/40000-year-old-rock-art-site-depicts-extinct-bird/.

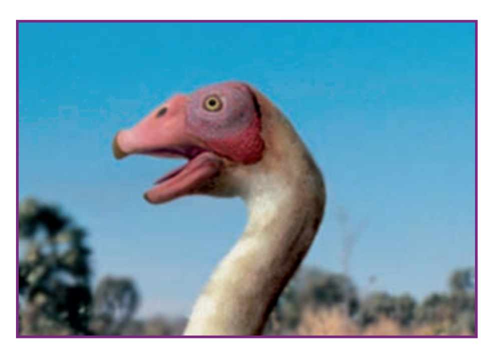


Figura 8b. Recreación de un Genyornis. Tomado de http://newsjunkiepost.com/2010/06/10/40000-year-old-rock-art-site-depicts-extinct-bird/.

Toca do Bastiana (Parque Nacional Sierra de Capivara, Piauí, Brasil)

El Parque Nacional Sierra de Capivara es un fabuloso enclave con más de 130.000 hectáreas de superficie en el que la conjunción de valores antropológicos, arqueológicos y naturales le hicieron merecedor de ser declarado por la UNESCO desde 1991 Patrimonio de la Humanidad. El parque se localiza en la zona meridional del estado de Piauí, una región situada al noreste de Brasil en la que se alterna un paisaje de sierras y zonas llanas sometidas a un clima semiárido, con una estación húmeda y una seca que provocan una transformación radical en el paisaje: del verde denso del bosque húmedo a los colores castaños y apagados de la vegetación carente de agua durante la estación seca.

En el ámbito arqueológico, la Sierra de Capivara es famosa por albergar los indicios más antiguos de la ocupación humana del continente americano, con dataciones entre 60.000 y 100.000 años BP (Fumdham, 2007: 8), lo que supone un abordaje completamente novedoso en lo referido a la antigüedad y características

del poblamiento del continente americano (Nash, 2010: 46). En esta misma línea, algunas de sus manifestaciones rupestres[2] pasan por ser de las más antiguas muestras de arte rupestre del cono sur, habiéndose localizado fragmentos de soporte rocoso con restos de figuras pintadas que se habían desprendido de la pared del abrigo y caído sobre suelos de ocupación prehistórica con más de 20.000 años de antigüedad (Pessis y Guidón, 2009: 49).



Figura 9. Representaciones de arte rupestre pintado en el Parque Nacional de la Serra de Capivara. Foto: Hipólito Collado.

No obstante, aun siendo ya muy antiguas estas dataciones, destacan por su especial relevancia los datos provenientes del abrigo de Toca do Bastiana. Este yacimiento, uno de los múltiples encla ves del parque en el que han sido documentadas manifestaciones pintadas y grabadas, se caracterizó inicialmente porque una buena parte de sus representaciones pintadas estaban cubiertas por una delgada capa de costra calcítica que se había depositado sobre las mismas y que fue sucesivamente datada por diversas metodologías (figura 10a). La primera datación fue obtenida por el equipo de Oswaldo Baffa, del Instituto de Física de la Universidad de Sao Paulo (Guidon y Arnaud, 1991), a partir de una costra que cubría dos figuras antropomorfas (figura 10b) y que se fecharon por EPR en 17.000 años BP. Posteriormente, en 2001, un nuevo equipo de la Universidad de Sao Paulo, dirigido por el profesor Watanabe, obtuvo nuevas dataciones de estas mismas costras utilizando TL y nuevamente EPR. En ambos casos las fechas obtenidas fueron notablemente envejecidas, abarcando un rango cronológico

[2] El Parque Nacional Serra da Capivara cuenta con más de 1.000 abrigos con arte rupestre, en su mayor parte pintado, aunque no faltan las representaciones grabadas. Pertenecen fundamentalmente a las dos tradiciones pictóricas mayoritarias en Brasil: la tradición Nordeste y la tradición Agreste (figura 9).
La primera y más antigua de estas tradiciones pictóricas engloba una serie de estilos (Serra Capivara, Serra Talhada, Serra Branca, Seridó, etc.) subsidiarios del tronco original (la tradición Nordeste), que se caracterizan de modo general por la presencia sistemática de figuras antropomorfas de pequeño tamaño, muy dinámicas, con gran riqueza de detalles (adornos, indicación de género, instrumentos, etc.) en escenas de temática lúdica (danzas), cazadora, guerrera o sexual. Junto a los antropomorfos aparecen un gran número de figuras de animales (ciervos, capivaras, felinos, aves) representadas igualmente en pleno movimiento. Todo ello pintado preferentemente con pigmentos de color rojo, seguido del amarillo y, en menor medida, el blanco, el gris y el negro, además de la constatación muy esporádica de verdes y azules (Azevedo y otros, 2010: 47).
La tradición Agreste es posterior cronológicamente a la Nordeste, apareciendo sus motivos como auténticas intrusiones en los abrigos ya ocupados por las grafías precedentes de la tradición Nordeste. Técnica y estilísticamente más descuidadas, en la tradición Agreste predominan figuras antropomorfas aisladas de tamaño notablemente mayor y son muy escasas las representaciones de animales. A diferencia de la tradición anterior, no se trata de un arte narrativo, sino de un arte estático, yuxtapuesto y carente de sentido escénico, en el que el pigmento, predominantemente rojo, aparece sistemáticamente como relleno plano de estos grandes motivos (Pessis, 2003: 86).

entre los 33.000 y los 35.900 años BP. Un año después, en 2002, una nueva figura fue descubierta bajo la costra calcítica en otra zona del abrigo. Tan sólo fue limpiada su mitad izquierda, dejando la derecha cubierta por la costra, que fue sometida nuevamente a un proceso de análisis para obtener su cronología, utilizando, como se hizo en el 2001, las técnicas de la TL y de la resonancia paramagnética electrónica (EPR). En este caso se obtuvieron fechas aún más antiguas, que oscilaron entre 39.442 y 48.286 años BP (Watanabe y otros, 2003: 351-4).

Evidentemente estas fechas han generado un amplio debate científico, cuyo más directo detractor ha sido M. Rowe, que obtuvo una datación directa por radiocarbono sobre los componentes orgánicos (carbón) del pigmento de una de las figuras tapadas por la costra de calcita. La muestra dio como resultado la fecha de 2.490 +/– 30 BP (M. Rowe y otros, 2002: 22-33), aunque sus conclusiones han sido recientemente rebatidas por F. Bousta y S. Touron, al considerar las más que posibles contaminaciones microbiológicas en las muestras analizadas (Pessis y Guidon, 2009: 55).



Figuras 10a y 10b. Figuras datadas en Toca do Bastiana. P.N. Serra de Capivara. Fotos: Hipólito Collado.

3. Entre 40.000 y 30.000 años

Gruta Fumane (Fumane, Verona, Italia)

La Gruta Fumane se localiza en la localidad del mismo nombre, en el corazón del Parque Natural Regional del Monte Lessinia. Este yacimiento, descubierto en la década de los 60 del siglo pasado, viene siendo estudiado sistemáticamente por A. Broglio y M. Cremaschi y actualmente constituye uno de los enclaves fundamentales en Europa para conocer la transición entre los neandertales y los humanos modernos a través de la amplia secuencia de ocupaciones documentada, que abarca desde 100.000 hasta 30.000 años BP, destacando sus niveles auriñacienses y protoauriñacienses que se superponen a una rica secuencia de niveles musterienses (Bartolomei y otros, 1992).

Relativo al tema sobre el que centramos nuestra exposición, señalar que en este yacimiento fueron localizados cinco fragmentos decorados con motivos diversos (humanos, animales e indeterminados), todos ellos pintados en rojo (figura 11). Aunque alguno de ellos fue localizado descontextualizado en la terrera (fragmento II, que ha sido denominado "El Chamán") y otros en niveles más avanzados del Auriñaciense y el Gravetiense, es necesario destacar que el fragmento I, que tiene representado una suerte de zoomorfo muy esquemático, se encontró depositado sobre la base del depósito auriñaciense, en el nivel A2 (Broglio y Dalmieri, 2005). Dado que todas estas piezas son fragmentos de la pared de la cueva que se desprendieron de manera natural y cayeron a lo largo de un amplio periodo de tiempo (sobre los niveles de ocupación auriñaciense y gravetiense), hemos de considerar que su realización sería siempre ante quem al contexto cronocultural que marca el fragmento I, que de todos ellos es el que se localizó depositado sobre el estrato más antiguo (base del nivel A2 inicio de la ocupación auriñaciense de Fumane), dando pie a numerosos debates sobre la atribución de la autoría de estas representaciones de arte rupestre a neandertales o a humanos anatómicamente modernos (HAM).

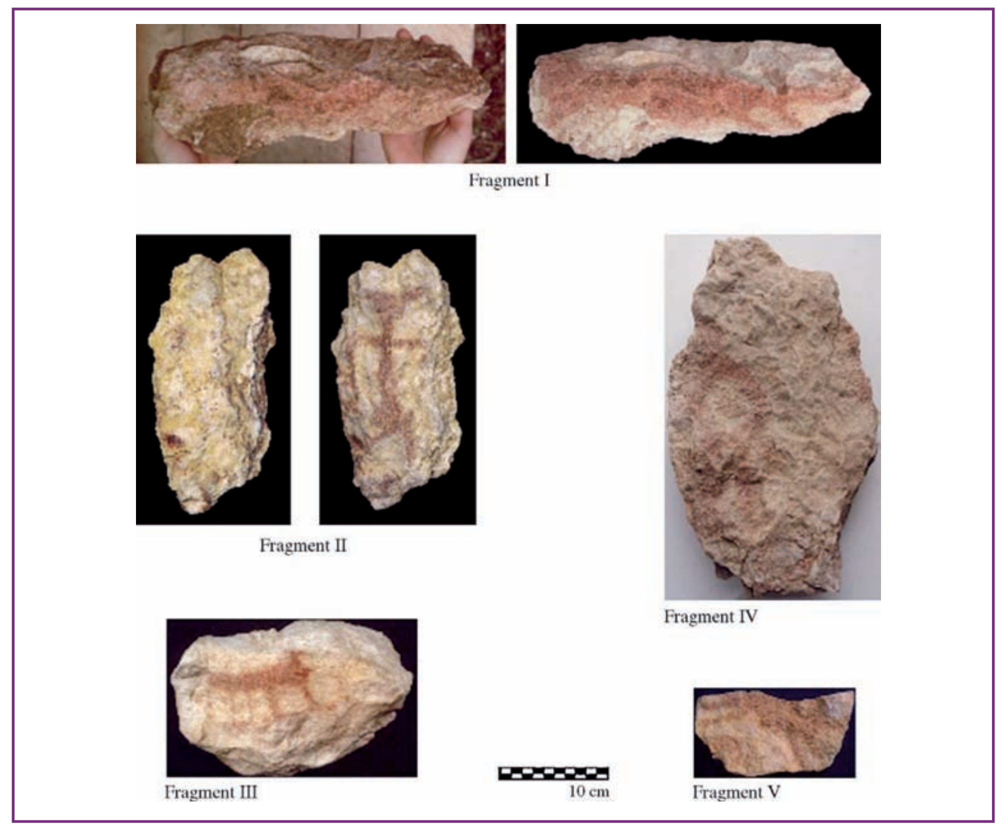


Figura 11. Fragmentos de pared con representaciones pintadas en rojo localizados sobre los niveles arqueológicos de la Gruta Fumane. Tomado de Broglio et al., 2009: 756, lámina 2.

En un reciente estudio (Broglio y otros, 2009), los investigadores han obtenido nuevas dataciones para el nivel A2 entre 35.640 +/– 220 y 35.180 +/– 220 BP (41.000 BP cal GISP2) y han determinado la existencia en este nivel de fragmentos de ocre rojo cuya composición coincide con el del pigmento utilizado en la elaboración de las figuras pintadas sobre los fragmentos desprendidos de la pared.

Yacimientos del Valle de Vezère (Dorgoña, Francia)

Gran Abrigo de La Ferrasie (Savignac-de-Miremont, Dordoña, Francia)

Este enclave es uno de los principales referentes para el conocimiento del tránsito entre los neandertales y los HAM en el continente europeo. Se trata de un conjunto de yacimientos situado en la base de un gran farallón rocoso en la orilla izquierda de un pequeño afluente del Vezère, en el que se localizan un abrigo con ocupaciones musterienses y una cueva con restos auriñacienses y gravetienses. La cueva era conocida tradicionalmente por los lugareños, sin embargo, el abrigo no se descubrió hasta finales del siglo XIX con ocasión de la apertura de la carretera comarcal D-32 que afectó a su estratigrafía. A finales del siglo XIX (1896), D. Peyrony visita el yacimiento por primera vez constatando la importancia de los restos y comenzando una excavación que se prolongaría por más de 30 años junto con su compañero y amigo L. Capitan (Capitan y Peyrony, 1921; Peyrony, 1934; Delluc y Delluc, 1978: 279), y posteriormente retomadas en 1968 por H. Delporte con el fin de clarificar la secuencia estratigráfica del yacimiento a partir de los datos iniciales de Peyrony y Capitan (Delporte, 1969: 15-28).

Desde el punto de vista simbólico, La Ferrassie aporta una de las colecciones más importantes de arte rupestre más antiguas del Paleolítico Superior europeo.

La serie la inaugura un gran bloque de caliza que se utilizó para tapar un enterramiento neandertal infantil (enterramiento n.º 6 de cronología indeterminada entre 40.000 y 70.000 años) de un niño de unos 3 años que fue depositado

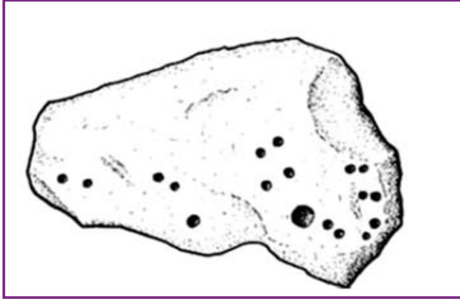


Figura 12a. Calco de la cara inferior con las cazoletas grabadas en el bloque de caliza que tapaba la tumba neandertal infantil n.º 6 de La Ferrassie. Tomada de Bednarik, 2003: fig. 23.

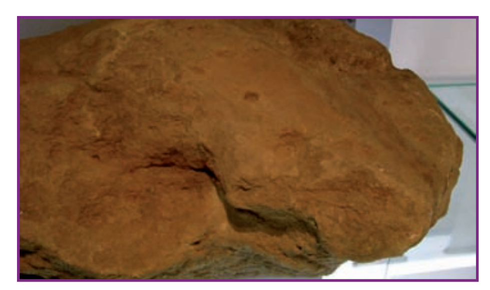


Figura 12b. Imagen del bloque de la tumba n.º 6 de La Ferrassie expuesto en el Musée National de Prehistoire de Les Eizyes. Tomado de http://www.donsmaps.com/ferrassie.html.

en una fosa trapezoidal con las piernas flexionadas y la cabeza separada. Sobre la superficie que estaba en contacto con el cadáver había 18 cazoletas grabadas (Peyrony, 1934: 34), la mayor parte –16– asociadas de manera pareada (figuras 12a y 12b), lo que sugiere que el autor de la misma tenía desarrollada una evidente capacidad simbólica.

El resto de las representaciones de arte rupestre se encuentran realizadas sobre bloques calizos, 29 de ellos localizados en las capas auriñacienses y otros dos más en la gravetiense. Se trata de motivos pintados o grabados, de trazos fragmentarios irregulares, trazos lineales en vertical u horizontal, cazoletas, vulvas (la mayor parte de tendencia triangular) (figura 13) y representaciones fragmentarias de animales (Delluc y Delluc, 1978: 281-325). Técnicamente, respecto a la pintura, se trata de pigmentos rojizos y negros con trazos de perfiles poco definidos o extendido a modo de manchas irregulares en tinta plana, mientras que para el grabado nos enfrentamos en todos los casos con motivos ejecutados a base de trazos gruesos y profundos. En cualquier caso, la dificultad estriba en definir si los bloques con estos grafemas se habían desprendido de la pared y caído sobre los niveles auriñacienses, lo que nos indicaría, por tanto, una fecha ante quem en su momento de ejecución al estadio auriñaciense, o si los motivos pintados y grabados se realizaron con posterioridad en estos bloques una vez caídos sobre los niveles arqueológicos y, por tanto, claramente asociados a la cronología establecida para los mismos.



Figura 13. Vulvas grabadas sobre un bloque calizo del nivel auriñaciense de La Ferrassie. Tomada de Lorblanchet, 1999: 226.

Abrigo Cellier (Tursac, Dordoña, Francia)

Abrigo rocoso sobre la orilla derecha del valle del Vezère, a unos 10 km al oeste del abrigo de La Ferrassie. Aunque fue sondeado inicialmente por D. Peyrony en 1909 (Peyrony, 1946), la mayor parte de la excavación corrió a cargo de G.L. Collie, comisionado por el Logan Museum de Beloit (Wisconsin), a partir de 1927 (Collie, 1928). Ambos excavadores indican la existencia en el nivel auriñaciense más antiguo (esta cueva no tiene constatada ocupaciones previas chatelperronienses o musterienses, aunque sí están presentes en abrigos muy próximos), de cinco bloques con representaciones, que aparecen colocados con la cara grabada apoyada sobre el nivel arqueológico, y otros dos grandes cantos, cuya parte inferior aparece depositada en este mismo nivel, pero la superior, decorada, ya se situaba dentro de un nivel arqueológicamente estéril (Peyrony, 1946: 297). Nuevamente nos encontramos con motivos grabados en trazo profundo con presencia de vulvas (bloque 6), trazos indeterminados y una posible cabeza de caballo (bloque 2) (Delluc y Delluc, 1978: 337-59) (figuras 14a y 14b).



Figura 14a. Bloque 6 de la colección de rocas decoradas del Abrigo Cellier. Tomado de http://www.donsmaps. com/sousruth.html.

Abrigo Blanchard (Sergeac, Dordoña, Francia)

Localizado en la orilla derecha del Vallon des Roches, afluente del Vezère y muy próximo al abrigo Castanet, con el que posiblemente formaría un mismo conjunto ocupacional y no muy lejano de los otros dos abrigos anteriores (Cellier a 5 km y La Ferrassie a 15 km).

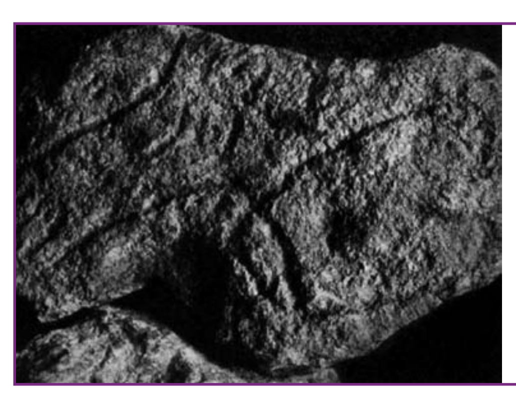




Figura 14b. Foto y calco del bloque 2 del Abrigo Cellier. Tomado de www.claytoneshleman.com/matrix.pdf.

La excavación se realizó entre 1910 y 1911 bajo la dirección de M. Castanet y L. Didon tras retirar el colapso de la visera del abrigo que selló los niveles auriñacienses (Auriñaciense I y Auriñaciense II) documentados en esta estación (Didon, 1911; Delluc y Delluc, 1978; 223), y en ella fueron localizados una veintena de bloques decorados (Delluc y Delluc, 1978: 225-61) sin que su procedencia fuera determinada con exactitud por el excavador, que únicamente dice al respecto que *"… furent trouvés dans les niveaux C et E du profil, immediatment au-dessus des foyers"* (Didon, 1911; 341). Se trata en su mayor parte de figuras grabadas en incisión profunda o piqueteado entre las que podemos reconocer vulvas muy esquematizadas, similares a las documentadas en los otros abrigos de la

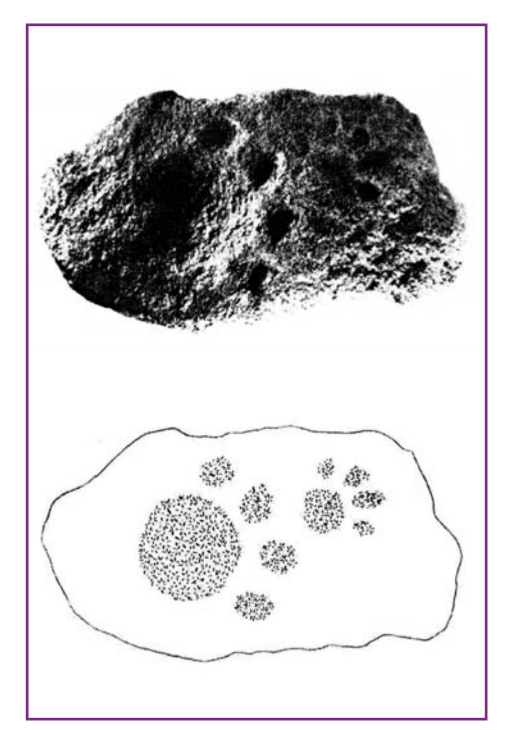


Figura 15. Foto y calco del bloque 17 del Abrigo Blanchard. Tomada de Delluc y Delluc, 1978: 257, fig. 25.



Figura 16. Bloques con decoración zoomorfa pintada procedentes del Abrigo Blanchard. Tomada de G. Delluc en http://www.europreart.net/preart.htm.

zona, además de trazos irregulares, cazoletas (aisladas o en composición compleja), posibles representaciones de huellas de animales (bloque 17) (figura 15) y algunas representaciones parciales de animales, de ejecución muy esquemática (bloque 1). Además de estas representaciones grabadas, el Abrigo Blanchard se particulariza por contar con un par de fragmentos, en este caso claramente parietales (bloques 11 y 12), caídos sobre el nivel auriñaciense y que muestran la parte inferior de un animal pintado en bicromía (figura 16). Una línea de color negro delimita las diferentes partes anatómicas de la figura (extremidades delanteras y traseras y curva ventral de un posible caballo o un bóvido), cuyo interior se rellena en tinta plana de color rojo (Delluc y Delluc, 1978; 248). Se trataría de una de las más antiguas representaciones de arte paleolítico pintadas al aire libre en un contexto exterior no cavernario.

Abrigo Castanet (Sergeac, Dordoña, Francia)

Localizado inmediatamente al sur del abrigo anterior, pudiendo incluso considerarse que ambos abrigos forman una

única unidad de ocupación de época Auriñaciense. De hecho Didon y Castanet planean excavarlos de forma conjunta, desistiendo finalmente de ello. No obstante, tras conseguir la disponibilidad del yacimiento, Peyrony pasa a dirigir la excavación, que ejecuta directamente Castanet entre 1911 y 1913, siendo publicados los resultados por el primero de ellos en 1935 (Peyrony, 1935).

La estación presenta una estratigrafía similar, con dos estratos auriñacienses (Inicial y Medio) separados por niveles estériles, y todo ello sellado por un gran derrumbe de bloques procedentes del colapsamiento del techo del abrigo (Delluc y Delluc, 1978: 262-3). De los ocho bloques decorados, algunos de ellos posiblemente fragmentos parietales, que fueron localizados en la excavación, Peyrony indica que tan sólo uno (el bloque 1) fue localizado en el nivel más antiguo, mientras que los bloques 2 y 6 aparecieron en el nivel auriñaciense más reciente. Al resto (bloques 3, 4, 5, 7 y 8) no les da una atribución estratigráfica precisa (Delluc y Delluc, 1978: 263-77).

Técnicamente, sin que exista diferenciación entre los dos niveles auriñacienses, se mantienen los procesos de ejecución ya conocidos, con grabados a base de trazos profundos, incisos o piqueteados, que definen líneas irregulares, vulvas (figura 17), series de cazoletas, que en algún caso, como el del bloque 1, llegan incluso a perforar la superficie, generando un agujero, y en otras se conectan por canales de sección en U (bloque 3), a lo que se unen elementos simbólicos (trazos verticales, en V y en X) pintados en rojo o negro (bloque 6).

Las recientes excavaciones realizadas en este abrigo por el equipo de White Randal han conseguido un conjunto de dataciones para el nivel Auriñaciense Antiguo de este abrigo en torno a los 32.400 BP.

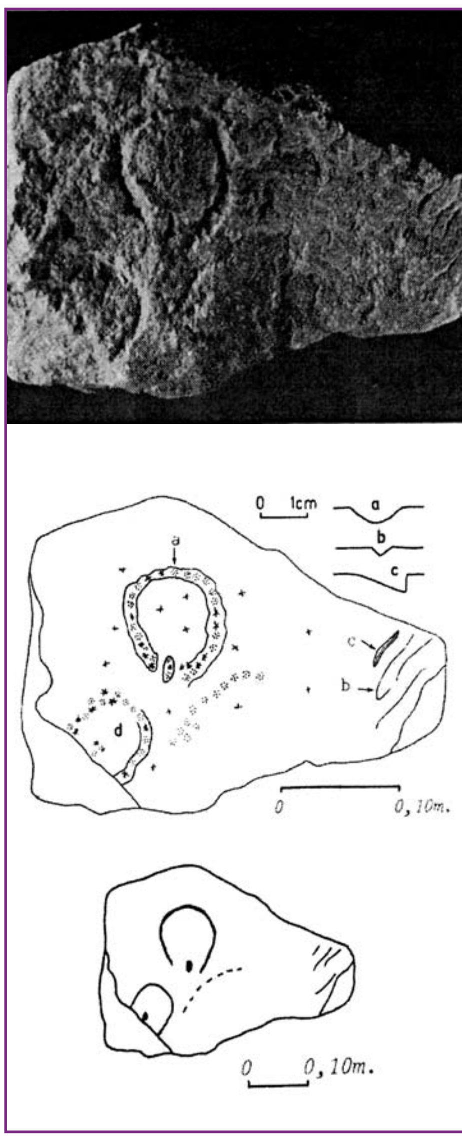


Figura 17. Foto y calco del bloque 5 del Abrigo Castanet. Tomada de Delluc y Delluc, 1978: 272, fig. 34.

Abrigo Belcayre (Thonac, Dordoña, Francia)

El último de los abrigos de este valle en el que fue localizado un nuevo bloque decorado es el abrigo de Belcayre, también denominado del "Renne". Está situado en la orilla derecha del Vezère y separado aproximadamente 1 kilómetro de los abrigos Blanchard y Castanet, que se sitúan aguas abajo. Su excavación fue realizada por F. Delage en colaboración con M. Castanet entre 1923 y 1924 (Delage, 1935), y, siguiendo la tónica general comentada en otros abrigos, este también presenta dos únicas ocupaciones auriñacienses separadas por un nivel de bloques estéril, que es donde aparece el único bloque grabado documentado en este abrigo, posiblemente proveniente de un desprendimiento parietal y que cronológicamente debió realizarse, por tanto, en los niveles más antiguos de la ocupación auriñaciense.

Se trata de un bloque de tendencia paralelepípeda sobre el que se grabó, con el característico trazo grueso y profundo, la figura de un animal completo en perfil absoluto, ligeramente oblicuo, mirando hacia la derecha, con las extremidades resueltas mediante trazos convergentes, indicación sutil de la cola y una cabeza bastante desproporcionada, de estructura triangular, con indicación de las orejas resueltas mediante dos pequeños trazos verticales. Posiblemente la superficie de este bloque fue sometida a una cierta preparación, regularizando su superficie, antes de proceder a grabar la figura del animal (figura 18) (Delluc y Delluc, 1978: 327-32).

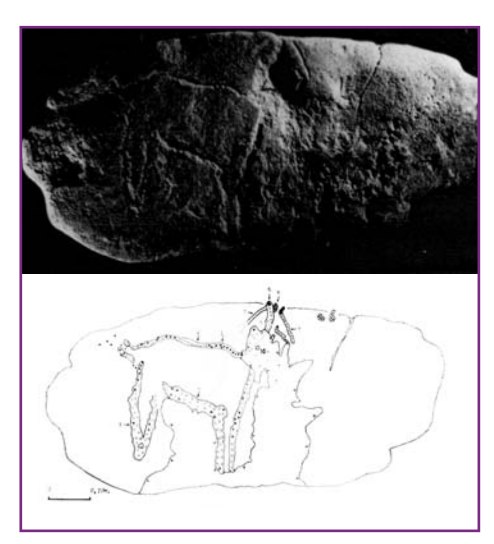


Figura 18. Foto y calco del único bloque localizado en el Abrigo de Belcayre. Tomada de Delluc y Delluc, 1978: 330, fig. 67.

Cueva de Pair-non-Pair (Prignac et Marcamps, Gironde, Francia)

La cueva se encuentra en la orilla izquierda del río Morón, afluente del Dordoña, fue descubierta de manera casual en 1881 y excavada en los años siguientes por F. Daleau hasta 1913. Sus grabados no fueron descubiertos hasta 1896 (Roussot, 1972-73) y estudiados posteriormente por Breuil (Breuil, 1952) y los Delluc (Delluc y Delluc, 1991). En ella se constatan cuatro estadios ocupacionales: musteriense, chatelperroniense, auriñaciense y gravetiense (Delluc y Delluc, 1997: 42). Su entrada original se colapsó en el Chatelperroniense.

En esta cueva, a pesar de los tratamientos poco afortunados que ha sufrido a lo largo de la historia, se conservan siete paneles decorados en la zona profunda de la cavidad, aunque en su día un pequeño óculo situado en la bóveda permitiría contar con una fuente de luz que

facilitaría al mismo tiempo la ejecución y la contemplación de las figuras. Estas fueron grabadas con trazo profundo y posiblemente repintadas con pigmento rojo, que se conserva muy parcialmente en algunos paneles (Delluc y Delluc, 1997: 45). Se contabilizan 36 animales completos o parciales, entre los cuales es posible reconocer caballos, ciervos, megáceros, mamuts, felinos, bóvidos y cabras montesas; además de algunos escasos signos geométricos. Se trata de animales muy simples en su concepción, en la que prácticamente no aparecen detalles anatómicos destacados, salvo las crineras de los caballos, las cornamentas de bóvidos y cápridos o la giba del megáceros, en un estilo homogéneo muy característico de los comienzos del arte parietal, con líneas cérvico-dorsales muy acentuadas, cabezas alargadas y mayoritariamente estáticos, salvo algunos intentos (muy particulares en esta cueva) de dotar de movimiento a las figuras mediante el recurso de representarlas girando la cabeza sobre su lomo (figura 19), de tamaño muy variado, en algunos casos excepcionalmente grandes como una posible representación de caballo de 2,50 metros de longitud por 1,90 metros de alto, y representadas en perfil absoluto salvo las cornamentas, que se muestran en perspectiva torcida.



Figura 19. Caballo con la cabeza girada hacia atrás denominado "Agnus Dei" en la Cueva de Pair-non-Pair. Tomado de http://www.jacquesvlemaire.be/blog/visites/l-agnus-dei-de-pair-non-pair.

Breuil detalla que los grabados estaban tapados por los niveles gravetienses y no así por los auriñacienses, periodo al cual atribuye inicialmente estas representaciones, aunque posteriormente se contradice y considera que podrían ser también gravetienses (Breuil, 1952: 319). Posteriormente, los Delluc tampoco se inclinan por ninguna de estas opciones, dejando abiertas las dos posibles atribuciones *("… attribue aux Gravettiens, mais une origine aurignacienne pourrait tout aussi bien etre avancee")* (Delluc y Delluc, 2003: 32). En ningún caso consideran una posible factura anterior, a pesar de que las principales ocupaciones de la cavidad son musterienses y chatelperronienses, momento en el cual quedó sellado el acceso original por el derrumbe parcial de la bóveda de entrada.

Gruta de Bernous (Bourdeilles, Dordoña, Francia)

Esta pequeña cueva de unos 20 metros de longitud, con su entrada orientada al sureste, se abre a los pies de un acantilado en la orilla derecha del río Dronne. Oculta por derrumbes de ladera, la cueva fue des-

cubierta para la ciencia por D. Peyrony en 1927 y 2 años después excava en la zona de entrada un pequeño nivel de arcilla soterrado por un espeso nivel de clastos que el mismo define como "d'une pauvreté desesperante", en el que localiza un pequeño hogar y algunos útiles líticos que atribuye a dos etapas culturales diferentes, una más antigua musteriense y otra auriñaciense (Peyrony, 1929). Los grabados fueron dados a conocer por este mismo investigador en una breve nota en 1932 y posteriormente estudiados por Breuil (H. Breuil, 1952: 315), que identifica las figuras de un oso, un mamut y un rinoceronte (figura 20).

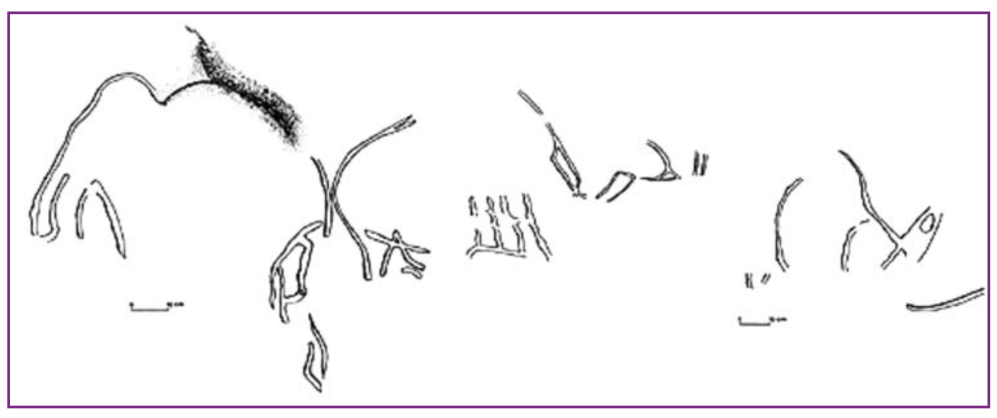


Figura 20. Calco del mamut y del rinoceronte de la Cueva de Bernous. Tomado de Delluc y Delluc, 179: 41-2.

Las figuras aparecen todas sobre la pared izquierda y próximas a la entrada de la cueva, recibiendo, por tanto, la luz natural del día, que ayuda a su identificación, aunque el panel está muy afectado por la gelifracción. Todas ellas están realizadas con un trazo muy profundo, bien marcado, de sección en U, en un estilo que a grandes rasgos repite las características que hemos venido observando hasta el momento en yacimientos anteriormente citados y que el propio Peyrony paraleliza con los grabados arcaicos de La Ferrasie (Peyrony, 1932: 9). No obstante, el tipo de trazo, más vigoroso y ancho, y el aspecto y estilo de los grabados zoomorfos de esta cueva son bastante más "rudimentarios" que los observados, por ejemplo, en los animales auriñacienses de Pair-non-Pair, de la cueva de la Croze a Gontran (en este mismo artículo), o en los restos pintados del abrigo Blanchard, y sin embargo, encuentran mejor acomodo con los documentados en la cueva de La Cavaille, en donde únicamente hay constancia de un nivel chatelperroniense y otro magdaleniense. De hecho, algunos autores posteriores, como Laming Emperaire (1962: 193), Leroi Gourham (1976: 743) o los propios Delluc (1979: 44), muestran algunas reservas sobre la atribución auriñaciense de estos grabados.

Nos enfrentamos en Bernous con un arte de incierta atribución cultural, asociado a contextos materiales muy pobres definidos como musterienses y auriñacienses, parco en detalles, con figuras de tamaño

notable en perfil absoluto, con diferentes orientaciones (todas están situadas a una misma altura, aunque el mamut mirando hacia la entrada de la cueva y el oso y el rinoceronte hacia el interior), completamente hieráticas y aspecto escasamente naturalista, con pocos detalles anatómicos (cuerno del rinoceronte), aunque aprovechando en algunos casos relieves de la roca para resaltar algunas zonas de la representación (dorso del mamut, línea ventral del rinoceronte y del oso).

Cueva de la Croze a Gontran (Eyzies-de-Tayac, Dordoña, Francia)

Localizada en un gran afloramiento rocoso que domina sobre la localidad de Tayac en la orilla izquierda del Vezère, con la entrada orientada hacia el oeste, a unos 30 metros de altura sobre el lecho del río.

Se trata de una pequeña cavidad de unos 50 metros de longitud, abierta en la pared del fondo de un gran abrigo de donde arranca un estrecho corredor de 1,5 metros de anchura y altura media, lineal en su desarrollo inicial y sinuoso en la zona del fondo, con dos pequeñas galería laterales acabadas en fondo de saco.

E. Rivière realizó algunos pequeños sondeos en la zona de entrada entre 1892 y 1894 con la intención de ampliar la excavación posteriormente, una vez obtenido el permiso del propietario de la cueva, por entonces el cura de Tayac (Rivière, 1894: 718), pero tras descubrir la gruta de La Mouthe ese mismo año, abandonó el proyecto de excavación en Gontran. En 1907, el abate Vidal, por entonces sacerdote en Tayac, vacía parcialmente el sedimento del corredor recuperando algunas piezas líticas y restos de fauna (hiena, mamut, rinoceronte, ciervo, bóvidos y reno), y utillaje, que es atribuido a la fase más antigua del Auriñaciense (Capitan, Breuil y Peyrony, 1914: 277), único contexto arqueológico confirmado en la cueva.

Sus grabados se descubrieron en 1908 por unos amigos del abate Vidal y confirmados por Breuil, que los documenta en el verano de 1913 (Capitan, Breul y Peyrony, 1914: 277), quien considera que los grabados son *"certainement aurignaciennes"* (Breuil, 1952: 306). Posteriormente, Leroi-Gourham los encuadra en su estilo II, contextualizados en un santuario corredor clásico donde signos, bóvidos y caballos (tema central) aparecen flanqueados por animales complementarios (mamut) y nuevos signos (Leroi, 1965: 80-7). Finalmente, los Delluc, que realizan un nuevo estudio de las representaciones de la cavidad entre 1977 y 1978, publicado algunos años más tarde (Delluc y Delluc, 1983), no precisan la atribución cronológica de estos grabados, pues, aunque reconocen convencionalismos muy antiguos que no dudan en señalar como auriñacienses, llegan a establecer paralelos con un caballo gravetiense del abrigo Labattut (ibídem: 46).

La cueva presenta siete paneles de grabados no figurativos, situados al comienzo y al final del área decorada (Delluc y Delluc, 1983: 14-5) a base de conjuntos de trazos lineales, curvados o sinuosos, que se disponen en unos casos en series paralelas y en otros en tramas que se entrecruzan, formando una suerte de haces o retículas irregulares, con buenos paralelos en Gargas, Hornos de la Peña, El Conde o el Abrigo de La Viña. La técnica empleada en su ejecución es variada, desde trazos profundos de sección en V

o U realizados con el dedo o con ayuda de algún instrumento apuntado, hasta trazos muy finos, visibles con dificultad. Estos grabados simbólicos enmarcan tres paneles con representaciones de fauna. En el primero de ellos (panel 6) situado a la derecha del corredor, se han identificado un mamut, un posible bisonte y la parte delantera de un dudoso caballo que aprovecha parcialmente un relieve natural, todos ellos resueltos de manera muy sintética (Delluc y Delluc, 1983: 27, figura 10). Más hacia el fondo se localiza el panel 8 (figura 21), situado sobre dos paredes en ángulo y la bóveda de un pequeño divertículo de la cueva, en donde fueron grabados un gran caballo completo, que presenta la crinera en escalón, vientre prominente, ángulo inguinal muy acusado y el hocico diferenciado e inclinado hacia abajo, junto a otros dos animales de incierta identificación (Delluc y Delluc, 1983: 34-41). El último panel, situado más al fondo que los anteriores, sólo contiene una única figura, una cabra de cabeza triangular, con los cuernos superpuestos y las extremidades incompletas (Delluc y Delluc, 1983: 41-2).

Técnicamente estos grabados más figurativos se diferencian de los lineales fundamentalmente por su grosor pues han sido ejecutados en trazo muy fino difícilmente perceptible sin un buen apoyo de luz artificial, muy diferente al tipo de grabado que analizábamos anteriormente en Bernous y sin duda más próximos a los utilizados en los caballos de Pair-non-Pair, con los que comparten igualmente otros convencionalismos, como la forma de las crineras o el acentuado abultamiento del vientre.

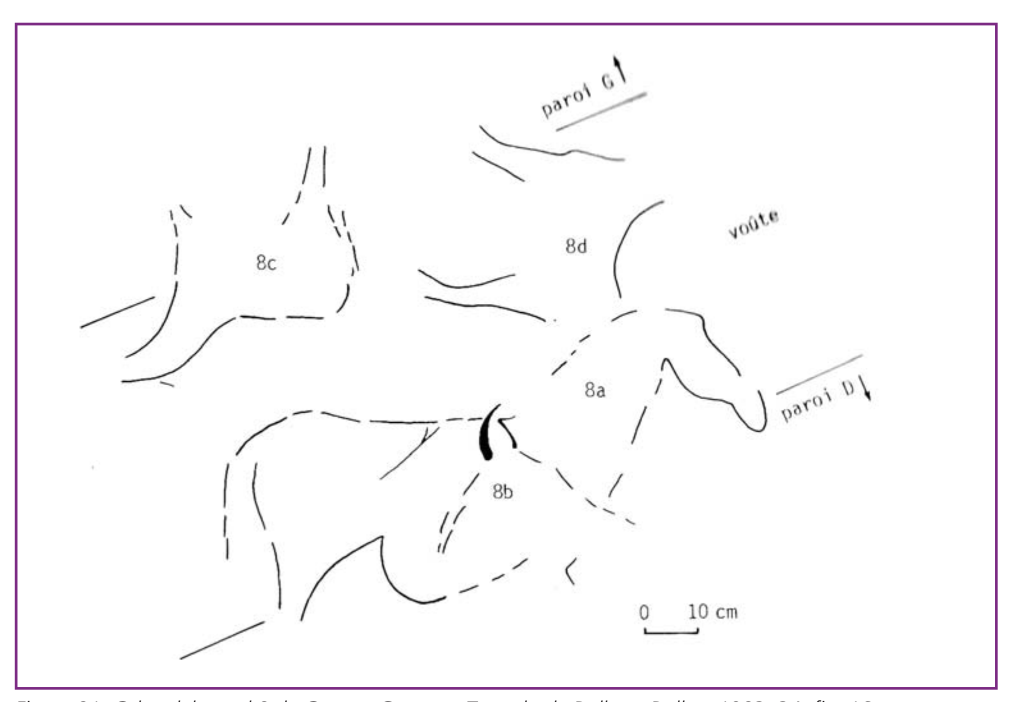


Figura 21. Calco del panel 8 de Croze a Gontran. Tomado de Delluc y Delluc, 1983: 34, fig. 16.

Estilísticamente continúan las siluetas en perfil absoluto, estáticas y con pocas concesiones a los detalles anatómicos (especialmente acusado en las extremidades), siendo igualmente extrañas en esta cueva las utilizaciones del soporte para complementar las representaciones grabadas. Convenciones que también se reconocen en la ya citada cueva de Pair-non-Pair.

No obstante, la complejidad compositiva entre figuras simbólicas y naturalistas indica posiblemente un momento algo más avanzado en el Auriñaciense. De hecho, las series de trazos paralelos son reconocibles en un bloque de La Ferrassie atribuido al Auriñaciense III (Delluc y Delluc, 1978: 300-1), al igual que algunos aspectos estilísticos del caballo del panel 8, que, como apuntábamos con anterioridad, los Delluc llegan a paralelizar con otros de cronología gravetiense.

Cueva de La Cavaille (Couze-Saint-Front, Dordoña, Francia)

Nos encontramos nuevamente con una pequeña cueva, con un desarrollo aproximado de 21 metros, conformada por un primer corredor lineal de unos 2,5 a 3 metros de ancho por 2 metros de alto, abierto hacia el suroeste, dominando una plataforma sobre el pequeño arroyo de La Cavaille, próxima a su confluencia con el río Couze. Esta galería inicial de una quincena de metros, cuya primera mitad llega a recibir la luz natural, se inflexiona finalmente hacia el este, terminando en una pequeña sala en fondo de saco.

La cueva fue descubierta en 1934 por Fernand Lacorre que fue también el que llevó a cabo las excavaciones en su zona más profunda, ya que el vestíbulo y la zona inicial estaban muy alterados por ocupaciones troglodíticas medievales (Delluc y Delluc, 1988). Los objetos proporcionados por la excavación pusieron de manifiesto dos momentos de ocupación. Uno inicial, más antiguo, chatelperroniense, y otro posterior, magdaleniense, al que se atribuye, además de la industria lítica característica, un fragmento de hueso decorado con la figura de un reno.

Los grabados aparecen en la zona inicial de la cueva y de hecho reciben la luz exterior. Esta situación y la degradación del propio soporte rocoso, además de la cubrición por musgos y líquenes, dificulta en gran medida su observación. Se trata en todos los casos de motivos grabados con un trazo ancho y vigoroso de sección en U, en donde aparecen tanto motivos figurados como simbólicos. Entre los primeros se han identificado seis mamuts, un caballo, un auroch y un herbívoro acéfalo indeterminado, mientras que entre los segundos se han documentado signos vulvares, grupos de trazos en paralelo y un gran signo circular sobre la bóveda.

Estilísticamente, los animales se presentan resueltos de manera muy sumaria, en perfil absoluto, sin perspectiva ni animación, con tan sólo una pata por par, sin detalles anatómicos destacados y con un acusado arco para definir la línea ventral (figuras 22a y 22b). Convencionalismos identificados en las cuevas ya citadas con anterioridad aunque con especial vinculación respecto a los identificados en la Gruta Bernous, que, como ya hemos señalado, difieren en cierta medida por el tipo de técnica de ejecución y su estilo más tosco y descuidado en relación con los posiblemente más avanzados de Pair-

non-Pair o Croze a Gontran. En este sentido es importante señalar "… que los documentos conservados no indican vestigio alguno gravetiense ni auriñaciense, sino únicamente chatelperroniense infrapuesto a otro magdaleniense. El estilo de los animales no recuerda en absoluto al magdaleniense. Si se confirma la cronología chatelperroniense para esta decoración, la cueva de la Cavaille adquiriría una importancia considerable, porque constituiría la cueva decorada más antigua que se conoce" (Delluc y Delluc, 1999: 158).



Figura 22a. Imagen del mamut n.° 4 del panel grabado sobre la pared izquierda de la Cueva de la Cavaille. Tomado de http://lithos-perigord.org/spip.php?article580.

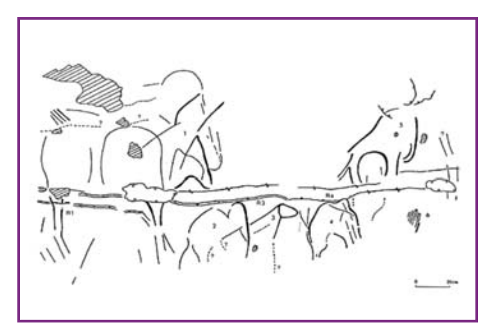


Figura 22b. Calco del panel grabado sobre la pared izquierda de la Cueva de la Cavaille. Tomado de Delluc y Delluc, 1991: 113.

Gruta Chauvet (Vallon-Pont-d'Arc, Ardèche, Francia)

La Cueva Chauvet fue descubierta en diciembre de 1994 por un equipo de espeleólogos que desobturaron una pequeña galería que desembocó en la gran cavidad que hoy día conocemos. Se sitúa en el cañón del río Ardèche, muy próxima a la conocida formación natural Pont d'Arc. Con un desarrollo superior a los 500 metros, la cueva se estructura con forma de Y, repartiéndose las pinturas y grabados por prácticamente todos los sectores de la cavidad. De igual modo, diseminado por su superficie se conserva un amplio conjunto de restos arqueológicos producto de la frecuentación de la cueva por grupos humanos a lo largo de miles de años, y junto a ellos una amplia serie de restos paleontológicos con un gran número de restos de osos de las cavernas, que utilizaron la cueva como zona de hibernación, además de cabras montesas y lobos. El análisis de los restos encontrados en el interior, fundamentalmente restos de hogueras, han permitido determinar tres grandes periodos de actividad: el primero en torno a los 32.000-30.000 BP (auriñaciense) y otros dos gravetienses, uno más antiguo en torno a los 28.000-25.000 BP y un tercero más reciente, alrededor del 23.000 BP.

Su arte rupestre, aún en fase de estudio, muestra, además de los grabados, dos grandes series de figuras y signos pintados. La serie roja parece ser la expresión artística más antigua de la cavidad. Ocupa principalmente la zona más próxima a la entrada de la gruta hasta la parte intermedia de la misma (Sala Hillarie) y su corpus figurativo incluye signos a base de puntos, improntas de manos (negativas y

positivas), signos cruciformes, trazos, figuras de tendencia oval, zigzag, haces (Ferruglio y Baffier, 2007: 388) y siluetas de animales mayoritariamente estáticos, con una única pata por par y con detalles anatómicos que se centran en su pelaje y en la zona de la cabeza (orejas, hocicos, defensas, etc.). El bestiario abarca preferentemente felinos, rinocerontes y osos, a los que se unen puntualmente cabras, caballos, mamuts y ciervos (Ferruglio y Baffier, 2007: 387) (figura 23).



Figura 23. Vestíbulo de los Osos. Serie roja. Cueva Chauvet. Tomado de Chauvet, Brunel y Hillarie, 1995: 23, fig. 21.

La serie negra comprende dos fases continuadas, la más antigua en torno a 32.000 BP[3] y la más reciente alrededor de los 30.000 BP, que suelen estar infrapuestas a signos y animales ejecutados con trazos digitales. Ocupa preferentemente la parte más profunda de la cueva, apareciendo sobre grandes paneles en los que se acumulan espectaculares conjuntos figurativos (figura 24). Estilísticamente es un arte mucho más detallista y cuidado que la serie roja, pleno de movimiento y perspectiva, en donde los detalles anatómicos hacen que, por ejemplo, cada uno de los rostros de los animales representados tenga su



Figura 24. Panel de los leones. Serie negra. Cueva Chauvet. Tomado de Chauvet, Brunel y Hillarie, 1995: 101, fig. 82.



Figura 25. Panel de los caballos. Serie negra. Cueva Chauvet. Tomado de Chauvet, Brunel y Hillarie, 1995: 56, fig. 49.

propia personalidad. Las especies se diversifican notablemente, añadiendo, a los ya citados de la serie roja, bisontes, megáceros, renos, bóvidos e interesantísimas representaciones híbridas.

Las dataciones del arte rupestre de la Cueva Chauvet han roto todos los paradigmas establecidos, generando no pocas polémicas sobre la viabilidad de estas fechas en relación con el estilo y las

[3] La maravillosa escena, única en el arte paleolítico, de dos rinocerontes negros afrontados en actitud de lucha está datada en 32.410 +/– 720 BP (Fritz y Tosello, 2007: 399) (figura 25).

características técnicas de las representaciones, que se adelantan más de 15.000 años a las cronologías tradicionalmente aceptadas (Züchner, 1999: 169; 2007: 409-20). De hecho, la fase antigua de la figuras negras está fechada en torno a los 32.000 BP y la serie roja es aún más antigua que la negra, asumiendo, por tanto, que tendríamos precedentes a un arte auriñaciense que a la vista de lo descubierto en Chauvet adquiere una dimensión monumental y una complejidad formal y técnica que evidentemente debe sustentarse en un desarrollo simbólico y conceptual muy asentado. El registro arqueológico y paleobiológico de Chauvet no hace sino afirmar la realidad de un arte auriñaciense (Clottes y Geneste, 2007) no apreciado en su justa medida, y necesariamente nos obliga a reexaminar de manera crítica y sin complejos los grandes conjuntos de arte rupestre, empezando por aquellos atribuidos a las primeras fases del Paleolítico Superior, muchos de ellos analizados en los apartados anteriores, asumiendo que, al menos en Europa, el arte de los primeros humanos anatómicamente modernos está dotado de plena madurez técnica, formal y simbólica, que evidentemente deberá ser la consecuencia de un proceso evolutivo que hasta la fecha no hemos podido o no hemos querido ver.

Abrigo de La Viña (Manzaneda, Asturias, España)

Descubierto en 1978, este gran abrigo de unos 30 metros de longitud y entre 7 y 12 metros de profundidad se abre sobre la margen derecha del río Nalón a unos 100 metros por encima de su cauce. Desde comienzos de los 80 viene siendo excavado por un equipo de la Universidad de Oviedo, que dirigió J. Fortea hasta su fallecimiento, y su amplia secuencia ocupacional le sitúan como uno de los enclaves de referencia para el conocimiento del Paleolítico Superior de la cornisa cantábrica, con ocupaciones comprendidas desde el 47.700 +/– 750 BP hasta el 13.300 +/– 150 BP (Fortea, 1990, 1992 y 1995).

Además de la excepcionalidad y amplitud de la ocupación arqueológica de este enclave, hay que destacar su notable muestra de arte grabado parietal, que se extiende por la práctica totalidad de la pared del abrigo y que en algunos casos estaba cubierto parcialmente por los depósitos arqueológicos, lo que ha permitido conjeturar ampliamente sobre su posible adscripción cronocultural.

En La Viña se distinguen dos horizontes gráficos. El más antiguo, compuesto por series de líneas verticales y paralelas a base de trazos muy gruesos (hasta 4 cm) y profundos (hasta 3 cm) (figura 26). Este primer horizonte prefigurativo apareció cubierto por los niveles IV (Magdaleniense Medio) a VI (Gravetiense), y en relación con ellos el equipo excavador plantea que pudieron haber sido realizados por una persona que estuviera situada sobre el suelo auriñaciense antiguo del nivel XIII (36.500 BP) (Fortea, 1995: 31), sin plantear siquiera la posibilidad de una factible autoría de artistas apoyados en los niveles inmediatamente subyacentes a escasos centímetros (XIII basal y XIV), tecnológicamente atribuidos al Musteriense con presencia de puntas Chatelperrón y datados en torno a los 47.000 BP (Fortea, 1999: 34-40).



Figura 26. Grabados lineales profundos del primer horizonte gráfico de La Viña. Tomado de Juan Luis Méndez en http://www.asturnatura.com/turismo/abrigo-de-la-vina/1513.html.

El segundo horizonte gráfico se ejecuta también con grabado inciso profundo, aunque sin llegar al grado exhibido en algunos trazos del horizonte inicial. En esta nueva etapa gráfica, situada a una cota superior que los grabados de la fase anterior siguen subsistiendo los conjuntos de trazos lineales en vertical, además de trazos sueltos y algunos signos angulares, a los que se suman representaciones parciales o totales de caballos, ciervas y bóvidos fuertemente normativizadas y alejadas del modelo viviente. Figuras estáticas, reducidas a la silueta expresada únicamente por las líneas del contorno, en perfil absoluto y fuertemente desproporcionadas, con troncos masivos y extremidades atrofiadas. Este segundo horizonte apareció cubierto en La Viña por depósitos del Magdaleniense IV y además algunos fragmentos de crioclastos con restos de grabados aparecieron en los estratos del Solutrense Antiguo y del Magdaleniense IV. Al igual que hizo con los grabados del primer horizonte, Fortea aborda la propuesta del suelo de apoyo para la realización de estos grabados, en función del óptimo posicional campo manual, en los horizontes Gravetiense Final y Solutrense Inicial, cronología en la que sitúa de manera genérica este segundo horizonte gráfico del Nalón (Fortea, 1994: 210), y de la que discrepan algunos otros investigadores, que proponen un envejecimiento de la misma con inicio en el Auriñaciense, seguido de un máximo desarrollo a lo largo del Gravetiense y posiblemente perdurando hasta el Solutrense Antiguo (González y San Miguel, 2001).

Cueva del Conde (Tuñón, Asturias, España)

Se trata de un gran abrigo de unos 300 m^2, abierto hacia el noroeste, sobre una plataforma a unos 40 metros de altura sobre la cuenca del río Trubia, afluente del Nalón.

Su primer excavador fue el Conde de la Vega del Sella, que ya identifica sus manifestaciones de arte rupestre en 1915 (Márquez, 1977: 434-5), aunque poco sabemos de los materiales que extrajo del yacimiento, referenciados unos años más tarde por Obermaier en la primera edición del El hombre fósil (1925). El propio excavador se contradice varias veces en la identificación de la secuencia ocupacional, para finalmente determinar tres niveles: uno Musteriense Antiguo, otro Musteriense Superior y otro Auriñaciense Medio.

Posteriormente, las excavaciones de Jordá en los años 50 y mediados de los 60, y las de Freeman en 1962 reconocen ocupaciones continuadas desde el Musteriense (típico y de denticulados) al Auriñaciense Arcaico (Freeman, 1977: 474-9; Jordá, 1955, 1969). A comienzos del nuevo milenio, Fortea recoge muestras de la pared meridional de la conocida como Galería A, donde se localizan algunos grabados (Fortea, 2000-2001). Actualmente la cueva es objeto de un nuevo proyecto de investigación bajo la codirección de Miguel Arbizu, Gema E. Adán y Juan Luis Arsuaga (Arbizu, Arsuaga y Adán, 2005: 425-41), que ha determinado tres tramos de ocupación en la cueva con fechas para el segundo de ellos de 31.540 +/– 400 BP y 29.850 +/– 320 BP (Fernández y otros, 2005: 85).

Al igual que en La Viña, la Cueva del Conde tiene repartido por sus paredes (Sectores I, II y III) conjuntos de grabados lineales profundos, estructurados en series más o menos paralelas y dispuestos indistintamente en posición vertical, horizontal o inclinada, que han sido clasificados también en el primer horizonte gráfico del Nalón (figura 27). El último trabajo realizado sobre ellos determina la existencia de cinco "conjuntos gráficos" (Fernández y otros, 2005: 75) y, al igual que en el caso anterior, se les ha asignado un origen auriñaciense (Jordá, 1969: 306) que es discutido por Fortea en una revisión posterior (Fortea, 2000-2001: 183) en la que propone que los grabados de los conjuntos A y B estuvieron tapados por un nivel arqueológico cuyos relictos aparecen fosilizados en la pared y de los cuales obtuvo dos muestras (CON 1 y CON 2) datadas, respectivamente, en 23.930 +/– 180 BP y 21.920 +/– 150 BP. Estas fechas sugieren, demuestran según Fortea, que los grabados del conjunto B estaban cubiertos en el Gravetiense Pleno y que en cualquier caso debieron realizarse antes de la fecha aportada por CON 1, sin que ello suponga, según este investigador, entrar en conflicto con los planteamientos cronológicos de Jordá y los derivados del estudio de este tipo de grabados realizado en el cercano abrigo de La Viña. En resumen, que la hipótesis auriñaciense seguiría siendo válida.

Más recientemente, el equipo codirigido por Arbizu, Adán y Arsuaga, como ya indicábamos anteriormente, han obtenido nuevas dataciones para sus niveles 2a (31.540 +/– 400 BP) y 2b (29.850 +/– 320 BP), proponiendo, a partir de los datos de la secuencia sedimentaria (Arsuaga y otros, 2004) y sobre todo teniendo en

cuenta los paralelos de este tipo de grabados en otros yacimientos, que las representaciones gráficas de la Cueva del Conde se realizarían en un momento *post quem* de 29.000 BP (Fernández y otros, 2005: 85).



Figura 27. Grabados de la Galería C de la Cueva del Conde. Primer horizonte gráfico del Nalón. Tomado de http://caminrealdelamesa.es/patrimonio/es/6/.

Al igual que en La Viña, ninguno de los equipos de investigación que han trabajado sobre los grabados del Conde conjetura con la posibilidad de que estos motivos pudieran ser preauriñacienses. De hecho, esta postura, según Fortea, no pasa de ser un mero ejercicio de intuición, pues los datos "objetivables" hasta ahora encontrados únicamente prueban "que el primer horizonte gráfico del Nalón es anterior al Gravetiense Avanzado y que razonablemente[4] ese horizonte se remonta a los tiempos auriñacienses" (Fortea, 2000-2001: 187). Todo ello siendo consciente este mismo investigador de la más que prolija colección de objetos mobiliares auriñacienses y preauriñacienses con series y haces de líneas grabadas factibles de paralelizar con este horizonte parietal (Marshack, 1976; Cremades y otros, 1995).

Cueva de la Peña (San Román de Candamo, Asturias, España)

La Cueva de la Peña era conocida por los paisanos de la comarca desde finales del siglo XIX, pero el descubrimiento de sus restos arqueológicos no se produjo hasta 1914 (Hernández Pacheco, 1919). Se localiza en el cerro del mismo nombre, a 170 metros sobre la cuenca del río Nalón. Se desarrolla a lo largo de 260 metros, con una orientación general NW-SE, con dos niveles de galerías comunicados entre sí.

La cueva ha sido objeto de numerosas modificaciones para adaptar su interior a la visita turística, lo que ha afectado notablemente a sus representaciones artísticas, dañadas de antemano por actuaciones no muy acertadas[5] y sobre todo por el hecho de que la cueva fue utilizada como puesto de mando durante la

[4] Entendemos que este "razonablemente" hace referencia a los campos manuales de acción desde los cuales propone que se realizaron los grabados, aunque llegado este punto es necesario advertir también que son escasos los centímetros que separan en ambos yacimientos estos niveles auriñacienses de los precedentes musterienses o de transición.

[5] El propio Conde de la Vega del Sella frotó vigorosamente con un balde de agua y una esponja la costra estalagmítica que recubría algunas representaciones del Muro de los Grabados.

Guerra Civil, lo que conllevó una ingente cantidad de grafitis y destrozos, que afectaron fundamentalmente al "Muro de los Grabados", y las posteriores actuaciones de limpieza y restauración (Menéndez Pidal, 1954), que llegaron a provocar la desaparición de algunas figuras en el "Camarín" (un contorno acéfalo de bisonte y la cabeza de un caballo pintada en negro).

Su arte rupestre, tras el monográfico de Hernández Pacheco, ha sido escasamente estudiado hasta que a partir de 2006 se ha procedido a la realización de un proyecto integral de prospección y documentación de la cavidad con aplicación de novedosos sistemas de registro 3D, coordinado por Soledad Corchón, con importantes resultados que amplían la serie figurativa ya conocida (Corchón y Gárate, 2010). Con anterioridad, salvo estudios específicos que han tratado de establecer la secuencia evolutiva de las representaciones acumuladas en el "Muro de los Grabados" (Jordá, 1976; Moure, 1981), nuevos estudios comparativos (López Mora, 1988) o nuevos calcos de los conjuntos conocidos (Berenguer, 1994), la Cueva de la Peña nunca había sido objeto de estudios monográficos.

A comienzos de este siglo, Fortea obtiene algunas dataciones directas de sus pinturas (Fortea, 2007). En concreto se muestrearon unas series de puntos negros que se superponían a los toros 15 y 16 del "Muro de los Grabados" y que proporcionaron en primera instancia una datación de 32310 +/– 690 BP y posteriormente otra de 33.910 +/– 840 BP sobre los restos de la muestra inicial (CAN 12) (Fortea, 2000-2001: 191-6) (figura 28). Esta fecha suponía que algunas de las representaciones de Candamo se articulaban como de las más antiguas del occidente europeo. Por ello se realizaron nuevas comprobaciones tomando nuevas muestras, que fueron enviadas a otro laboratorio que proporcionó fechas muy diferentes: 15.160 +/– 90 BP (CAN 3) y 15.870 +/– 90 BP (CAN 4). La polémica estaba servida, tanto más por cuanto que los análisis por microscopía electrónica de barrido efectuados por M. Hoyos con muestras tomadas de los mismos puntos determinaron una diferente composición del carbón (vegetal y hueso) en los puntos y contaminación bacteriana (Fortea, 2000-2001: 191-6). El propio Fortea en este mismo trabajo ofrece tres posibles hipótesis para interpretar tan fuertes discrepancias, sin llegar a descartar la viabilidad arqueológica de ninguna de ellas (Fortea 2000-2001: 197-201). Sin embargo, debemos puntualizar que los nuevos datos obtenidos por los trabajos de Soledad Corchón han proporcionado una amplia serie de motivos simbólicos (manchas, trazos pareados, discos rojos) con una distribución topográfica organizada que encajan claramente con las manifestaciones gráficas más antiguas del arte rupestre paleolítico, proponiendo a partir de estas evidencias una apropiación gráfica de toda la cavidad desde tiempos antiguos, con una continuidad posterior constreñida tan sólo a algunos sectores determinados (Corchón y Garate, 2010: 99), lo que de algún modo vendría a avalar la validez de las dataciones antiguas obtenidas por Fortea en el "Muro de los Grabados".

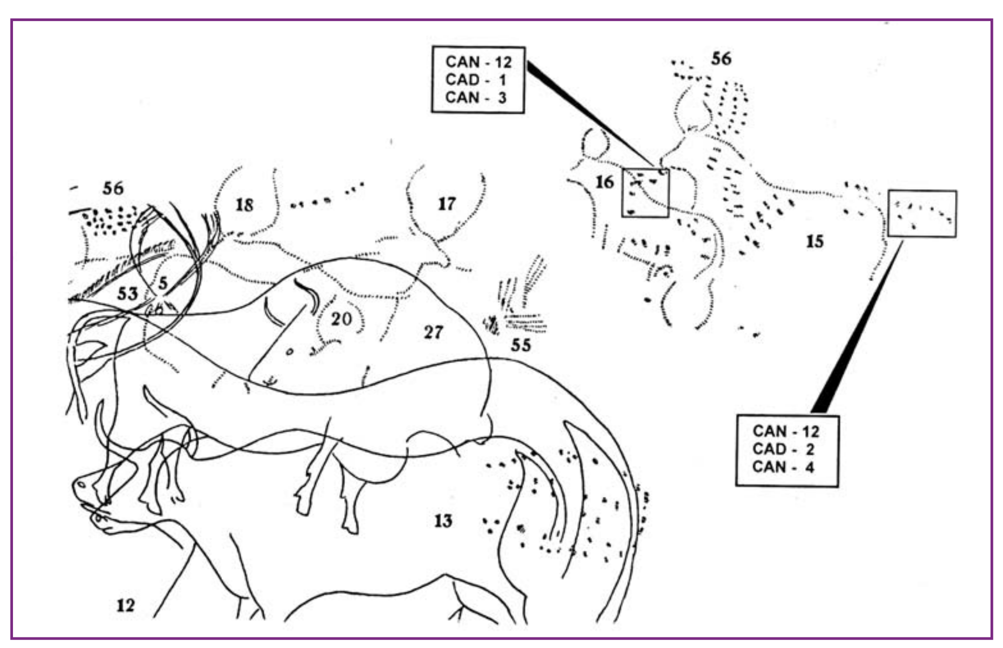


Figura 28. Indicación de las muestras datadas en el Muro de los Grabados de la Cueva de la Peña. Tomado de Fortea, 2000-2001: 189, fig. 5.

Cueva de Pondra (Ramales, Cantabria, España)

Su conjunto de arte rupestre fue descubierto en 1983 por el grupo CAEAP (Muñoz y otros, 1991: 127 y ss.) y su documentación se desarrolló entre 1993 y 1996. Cuenta con dos bocas orientadas al oeste y al sur que convergen en un amplio vestíbulo a partir del cual la cueva se desarrolla de forma lineal hacia el fondo a lo largo de aproximadamente 130 metros de longitud, con un ligero buzamiento hacia el interior y una notable presencia de espeleotemas. No se han hecho excavaciones detalladas en la misma y la presencia humana se reduce únicamente a fragmentos de cerámica y un pequeño lote de material lítico recogido en superficie por su descubridor en la zona del vestíbulo y el primer tramo de la galería principal, que podrían corresponder a una indeterminada ocupación holocénica de la cavidad entre el Neolítico y la Edad del Hierro (González y San Miguel, 2001: 114).

Su arte, mal conservado en su mayor parte debido al uso ganadero de este enclave y a su explotación como cantera, se reparte a lo largo de toda la cavidad desde las zonas iluminadas de su inicio a las completamente oscuras de la zona del fondo. Por regla general, las representaciones se disponen en paneles recónditos y recogidos donde a veces es incluso difícil adoptar la postura de realización de los motivos representados. El bestiario reúne caballos, ciervos y animales incompletos a los que se suman un amplio repertorio de manchas y restos de pintura roja, trazos lineales y curvilíneos no figurativos distribuidos por los tres sectores que, de entrada a fondo, se han determi-

nado en la cavidad. Técnicamente es necesario destacar una notable diversidad de procedimientos, con presencia de pintura lineal y en tinta plana, además de trazos tamponados y grabados de ejecución simple y sin rectificaciones (González y San Miguel, 2001: 124).

Parte de este conjunto figurativo ha podido ser fechado por termoluminiscencia, centrándonos en este caso en el denominado "Friso de los Caballos" (figura 29), donde una red de concreciones estalagmíticas que ha sido datada en 35.740 +/– 4.730 BP cubre a un trazo lineal pintado en rojo (figura 8 del conjunto). A su vez, estas concreciones fueron cortadas varias veces al ejecutar los trazos de un caballo grabado (figura 9 del conjunto) cuyo hocico aparentemente queda infrapuesto a una nueva acumulación estalagmítica datada en 22.595 +/– 2.338 BP (González y San Miguel, 2001: 116-8).

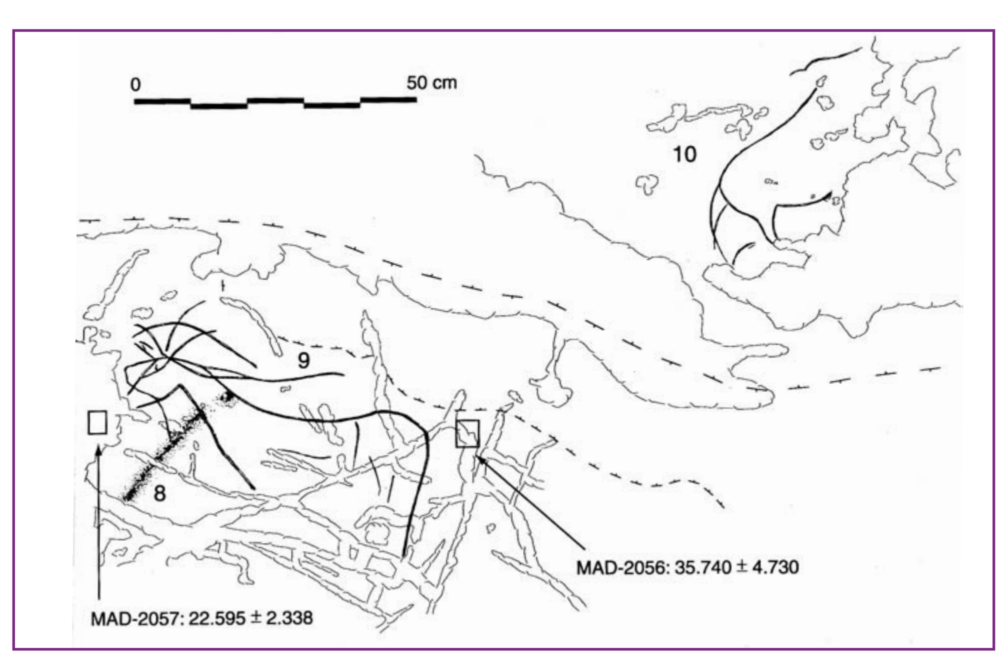


Figura 29. Calco del "Friso de los Caballos" de la Cueva de Pondra. Tomado de González y San Miguel, 2001: 117, fig. 34.

La secuencia gráfica indica que el trazo rojo y posiblemente parte del conjunto simbólico pintado en este mismo color presente en la cavidad debieron ser ejecutados en momentos muy antiguos, por encima de los 35.000 años. Un arte arcaico que en nada distorsiona con las características ya apuntadas para las manifestaciones rupestres de las etapas de tránsito o los momentos iniciales del Paleolítico Superior, que encontrarían su refrendo en las industrias musterienses localizadas en yacimientos inmediatos (Venta la Perra, El Polvorín y Arco B) (González y San Miguel, 2001: 71).

Cueva de El Sidrón (Borines, Piloña, Asturias, España)

Este yacimiento, conocido fundamentalmente por su magnífica colección de restos óseos de neandertales (Rasilla, Rosas, Cañaveras y Lalueza, 2010), se encuentra en un complejo kárstico de notable desarrollo (próximo al kilómetro de longitud), con tres niveles y al menos 13 entradas conocidas.

Hasta el momento, los datos proporcionados por la excavaciones arqueológicas solo señalan una clara presencia neandertal en la cueva, con dataciones que se distribuyen entre 38.000 y 50.000 BP, atribuyendo con seguridad los restos arqueológicos documentados en la Galería del Osario (restos fósiles y humanos e industria lítica) al estadio isotópico 3, en la última fase del Paleolítico Medio, con referentes en yacimientos como La Viña, Mirón, El Castillo, Arrillor, Axlor o Kurtzia (Torres y otros, 2010: 163-4), y restos muy poco significativos de ocupaciones en momentos finales del Magdaleniense o del Epipaleolítico en la "Galería de los Huesos", que se reiteran al exterior en el abrigo de la Cabañina, donde además se documentan materiales holocénicos (Calcolítico a Edad del Hierro) (Rasilla y otros, 2010: 167-81).

En este marco contextual es preciso señalar la existencia en el interior de la cavidad de manifestaciones rupestres tanto pintadas como grabadas en la denominada "Galería de las Pinturas". Se trata de un estrecho corredor ramificado de la galería principal en el que en 1975 fue descubierto un exiguo pero interesante repertorio de arte rupestre a tenor del contexto arqueológico en el que se imbrican (Pinto, 1975). Sin descartar que parte del conjunto grabado pueda deberse a la acción de zarpazos de osos, en la Galería de las Pinturas nos encontramos con haces y trazos lineales de 2 a 4 mm de grosor y sección en U que en la mayor parte de los casos describen vagas composiciones reticulares que se infraponen y superponen indistintamente a una serie de motivos simbólicos indeterminados, pintados en rojo, con formas ovaladas y laciformes, que en algunos casos contornean resaltes y oquedades rocosas de la galería (figura 30). Las condiciones angostas de esta galería han permitido la subsistencia de estos restos gráficos que hipotéticamente también podrían haber estado presentes en otras zonas, pero que, dadas las características poco favorables de la roca soporte, además de la circulación de agua y las corrientes de aire, han hecho imposible su conservación (Rasilla, Rosas, Cañaveras y Lalueza, 2010: 189-91).

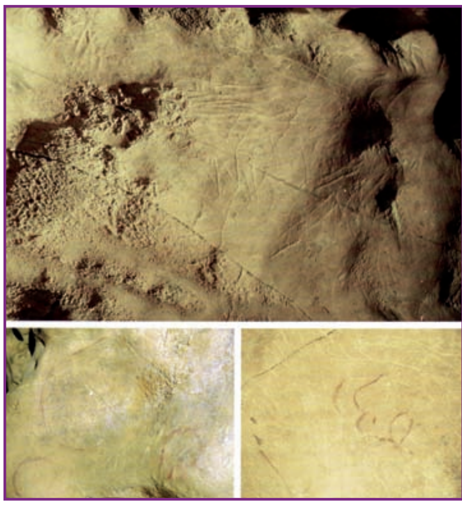


Figura 30. Imágenes de las representaciones de la Galería de las Pinturas. Tomado de Rasilla, Rosas, Cañaveras y Lalueza, 2010: 190, fig. 104.

Los signos de El Sidrón, a falta de un estudio más detallado, tienen difícil correlato con otros signos parietales, aunque Fortea, el investigador que hasta su muerte había iniciado los trabajos de caracterización de este conjunto rupestre, marca algunas relaciones con signos vulvares y ovales de Tito Bustillo y con las vulvas auriñacienses ya citadas en este mismo trabajo de las estaciones del valle del Vezère, aun sin considerar que el único contexto claramente constatado en la cueva es el musteriense.

El final de las certidumbres

A lo largo de los apartados anteriores hemos dado una amplia muestra de manifestaciones de arte rupestre, fundamentalmente parietal, que bien por contexto o bien por datación, aun asumiendo las limitaciones de los diferentes métodos empleados (Ochoa, 2011: 133-5), superan, en ocasiones por muchos miles de años, la barrera de los 30.000 años de antigüedad. Los ejemplos hindúes de Auditorium Cave o Daraki Chattan son pruebas muy sólidas del desarrollo de capacidades simbólicas en homínidos anteriores a los humanos anatómicamente modernos. Del mismo modo, las dataciones y contextos expuestos para manifestaciones de arte rupestre australiano, sudamericano y africano, aun siendo muy discutidas y planteando problemas interpretativos muy singulares, evidencian la consolidación a escala global de planteamientos estéticos evolucionados en las comunidades humanas desde etapas muy tempranas.

El límite que hemos planteado en 30.000 años no es baladí, teniendo en cuenta que los ejemplos seleccionados en el tercer apartado se dedican exclusivamente a manifestaciones de arte rupestre de la Europa Occidental centradas en un momento trascendental para este ámbito territorial, donde a partir del 35.000 y hasta el 32.000 (con algunas perduraciones aún mayores para los últimos neandertales más meridionales) se está produciendo la mudanza (cuando no convivencia) entre las culturas transicionales y el Auriñaciense Arcaico. Un fenómeno que tiene aparejado, como hemos podido comprobar, un panorama artístico muy contrastado entre las magníficas representaciones de la Cueva Chauvet a las sencillas y esquemáticas evidencias gráficas de La Viña, la Cueva del Conde o Fumane.

En cualquier caso se trata de manifestaciones rupestres que sistemáticamente y en la mayor parte de las ocasiones, han sido atribuidas a humanos anatómicamente modernos responsables de la introducción del tecnocomplejo auriñaciense, negando una posible autoría neandertal de las mismas.

Evidentemente no pretendo con este trabajo fluctuar al otro extremo de la consideración anterior y demostrar que estas obras son producto de las capacidades simbólicas de los neandertales, sino tan sólo dejar una puerta abierta para que en lo sucesivo se aborde de forma más vehemente esta posibilidad. De hecho, todos los ejemplos presentados relativos a la zona europea están asociados contextualmente a etapas arcaicas del Auriñaciense, pero también en una buena parte de los casos no faltan en estos mismos abrigos y cuevas ocupaciones musterienses o chatelperronienses de origen neandertal. Todo ello además sin tener en cuenta algunos plan-

teamientos que consideran imposible, con las evidencias disponibles hasta la fecha, asegurar que el tecnocomplejo auriñaciense sea la industria de los primeros *Sapiens.* De hecho, en yacimientos como Trou Magrite, Keilberg-Kirche o El Castillo, el Auriñaciense muestra vínculos filogenéticos con el Musteriense subyacente apoyando la idea de que en algunas regiones ciertos tipos de industrias auriñacienses evolucionaron desde el Paleolítico Medio en relación con los neandertales autóctonos (Vega Toscano, 2005: 549).

También resulta ciertamente peculiar, como hemos visto anteriormente en La Viña o El Conde, que algunas manifestaciones gráficas se asocien a contextos auriñacienses con el argumento de una mayor facilidad en el trazado de los grabados desde los suelos asociados a este tecnocomplejo, cuando tan sólo unos centímetros por debajo aparecen suelos vinculados a contextos musterienses o de transición.

En cualquier caso se trata de un debate abierto que ha generado una amplia bibliografía en ambos sentidos (Rivera, 2008, 2009; Cabrera y otros, 2005; Zilhao, 2008; Carón y otros, 2011; D'Errico y otros, 1998) y cuyo resultado final tan sólo será posible con el avance de la investigación[6] y la mejora de las técnicas de datación[7].

[6] Posiblemente serán muy significativos los resultados que puedan derivarse de enclaves más meridionales con arte rupestre atribuido a las etapas iniciales del Paleolítico Superior, como la Cueva de Maltravieso en Cáceres, donde han sido documentados unos grabados (cabeza de cabra y dos triángulos) bajo un velo calcítico sobre el que con posterioridad se pintó un conjunto de manos en negativo y unas series de puntos en color negro (Collado, 2011), o la Cueva de Nerja (Málaga), con dataciones por encima de 35.000 años vinculadas a paneles con representaciones parietales (comunicación personal de José Luis Sanchidrián).

Bibliografía recomendada

Arbizu M, Arsuaga JL, Adán GE. La cueva del Forno/Conde (Tuñón, Asturias): un yacimiento del tránsito del Paleolítico Medio y Superior en la Cornisa Cantábrica. Neandertales Cantábricos: Estado de la cuestión. Monografías del Museo Nacional y Centro de Investigación de Altamira 2005; 20:10-38.

Arsuaga JL y otros. Nuevas observaciones sobre la estratigrafía de la Cueva del Conde (Santo Adriano, Tuñón, Asturias). Actas de la XI Reunión Nacional del Cuaternario, Oviedo 2-4 julio de 2003. 2004; 267-74.

Azevedo CX y otros. A presença da tradiçao Nordeste na regiao do Cariri occidental: questoes calssificatórias. Fumdhamentos IX, Actas del Congreso IFRAO 2010 "Global Rock Art", 2004; 2:43-65.

Bartolomei G, Broglio A, Cassoli P, Castelletti L, Cremaschi M, Giacobini G, Malerba G, Maspero A, Peresani M, Sartorelli A, Tagliacozzo A. La Grotte-Abri de Fumane.Un site aurignacien au sud des Alpes. Preistoria Alpina 1992; 28:131-79.

Bednarick RG. The earliest evidence of palaeoart. Rock Art Research 2003; 20(2):89-135.

Bednarik RG, Kumar G, Watchman A. Preliminary results of the EIP Project. Rock Art Research 2005; 22(2):147-97.

Berenguer M. Prehistoric cave art in northern Spain (Asturias). México. Frente de Afirmación Hispanista 1994.

[7] En el pasado Coloquio Internacional "El Gravetiense cantábrico, estado de la cuestión", que tuvo lugar en el Museo de Altamira entre los días 20 a 22 de octubre, el equipo de Alistair Pike de la Universidad de Bristol presentó un conjunto de nuevas dataciones por series de uranio en diversas cavidades del norte de la Península Ibérica con resultados tan sugerentes como más de 40.000 años para algunos paneles con manos y puntos rojos de la Cueva del Castillo, fechas de más de 35.000 años para las etapas iniciales del gran techo de Altamira, la serie de puntos rojos de la Cueva del Castillo fechado en un intervalo comprendido entre 36.000 y 34.000 años para la línea de una costra con más de 37.000 años que se superpone a una mano impresa en la Cueva del Castillo.

Breuil H. Quatre cents siecles d'art parietal. Centre d'etudes et de documentation prehistoriques, Montignac, 1952 ; 419 pp.

Broglio A, Dalmieri G (eds.). Pitture paleolitiche nelle Prealpi Venete: Grotta di Fumane e Riparo Dalmieri. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona 2005; Serie 2.

Broglio A, De Stefani M, Gurioli F, Pallecchi P, Giachi G, Higham T, Brock F. L'art aurignacien dans la décoration de la Grotte de Fumane. L'Anthropologie 2009; 113(5):753-61.

Cabrera V y otros. Excavaciones en El Castillo: veinte años de reflexiones. Neandertales Cantábricos: Estado de la cuestión. Monografías del Museo Nacional y Centro de Investigación de Altamira 2005; 20:505-26.

Capitan L, Breuil H, Peyrony D. La Croze a Gontran (Tayac), grotte à dessins aurignaciens. Revue Anthropologique 1914; 24:277-80.

Capitan L, Peyrony D. Les origines de l'art Aurignacien Moyen. La Ferrassie. Revue Anthropologique 1921; 92-112.

Carón y otros. The reality of neandertal symbolic behavior at the Grotte du Renne, Arcy sur Cure, France, 2001. PLoS ONE, 6(6): e 21545. Doi: 10.1371/journal.pone.0021545.

Chauvet JM, Brunel-Deschamps E, Hillaire C. La grotte Chauvet à Vallon-Pont-d'Arc, Seuil, Paris, 1995 ; 118 pp.

Clottes J, Chauvet JM, Brunel-Deschamps E, Hillaire C, Daugas JP, et al. Dates radiocarbone pour la grotte Chauvet-Pont-d'Arc. INORA 1995; 11:1-2.

Clottes J y Geneste JM. Le contexte archeologique et la chronologie de la Grotte Chauvet. Les Chemins de l'art aurignacien en Europe 2007; 363-78.

Collado H. Análisis de las representaciones paleolíticas de la cueva de Maltravieso a partir de su distribución topográfica. Actas del Congreso IFRAO 2010. L'Art Pleistocene dans le Monde. France, 2010.

Collie GL. The aurignacians and their culture. Logan Museum Bulletin, Beloit, Wisconsin, 1928; I(1), 139 pp.

Corchón MS, Gárate D. Nuevos hallazgos de arte parietal paleolítico en la Cueva de la Peña (Candamo, Asturias). Zephyrus 2010; LXV(enero-junio):75-102.

Cremades M y otros. Une Pierre graveé de 50.000 ans BP dans les Balkans. Paleo 1995; 7:201-9.

De la Rasilla M, Rosas A, Cañaveras JC, Lalueza C (edit.). La Cueva de El Sidrón (Borines, Piloña, Asturias). Investigación interdisciplinar de un grupo neandertal. Excavaciones Arqueológicas en Asturias. Monografías I, Consejería de Cultura y Turismo, Oviedo. 2010; 211 pp.

De la Rasilla M y otros. Las intervenciones arqueológicas en el exterior y en otras galerías interiores del complejo cárstico. Excavaciones Arqueológicas en Asturias. Monografías I, 2010; 167-81.

D'errico F y otros. Neanderthal acculturation in Western Europe? A critical review of the evidence and its interpretation. Current Anthropology 1998; 39(Supplement):1-44.

Delage F. Gravure aurignacienne de Belcayre (Dorgdone). Congres Prehistorique de France. Perigueux, 1934. 1935; 388-92.

Delluc B, Delluc G. Les manifestations graphiques aurignaciennes sur support rocheux des environs des Eyzies (Dordogne). Gallia Préhistoire 1978; 21(1):213-332.

Delluc B, Delluc G. Les manifestations graphiques aurignaciennes sur support rocheux des environs des Eyzies (Dordogne). Gallia Préhistoire 1978; 21(2):333-438.

Delluc B, Delluc G. La grotte ornée des Bernous à Bourdeilles (Dordogne). Bulletin de la Société préhistorique française 1979; 76(2); 39-45.

Delluc B, Delluc G. La Croze à Gontran, grotte ornée aux Eyzies-de-Tayac (Dordogne). Ars Praehistorica 1983; II:13-48.

Delluc B, Delluc G. Les gravures de la grotte de La Cavaille à Couze (Couze-et-Saint-Front, Dordogne). Bulletin de la Société historique et archéologique du Périgord 1988; 115(2):111-23.

Delluc B, Delluc G. L'art pariétal archaïque en Aquitaine. Supplément à Gallia Préhistoire, n.º 28 CNRS, Paris, 1991; 393 pp.

Delluc B, Delluc G. Dix observations graphiques sur la grotte ornée de Pair-non-Pair (Prignac-et-Marcamps, Gironde). Bulletin de la Société préhistorique française 1997; 94(1):41-50.

Delluc B, Delluc G. El arte paleolítico arcaico en Aquitania. De los orígenes a Lascaux. Edades. Revista de Historia 1999; 6:145-65.

Delluc B, Delluc G. L'art parietal archaïque du sud-ouest de la France à la lumière des découvertes récentes. Primer Symposium Internacional de Arte Prehistórico de Ribadesella. El Arte Prehistórico desde los inicios del siglo XXI 2003; 23-39.

Delporte H. Les fouilles du Musée des Antiquités Nationales a la Ferrassie. Bulletin du Musee des Antiquites nationales de Saint Germain en Laye 1969; 1:15-28.

Dham F. Parque Nacional Serra da Capivara. Da Pré-Historia à História 2007; 23 pp.

Didon L. L'abri Blanchard des Roches (Commune de Sergeac). Gisement aurignacien moyen. Bulletin de la Societe Historique et Archeologique du Perigord 1911; 246-61, 321-45.

Fernández A y otros. Grafismo rupestre paleolítico de la Cueva del Conde (Tuñón, Santo Adriano, Asturias). Zephyrus 2005; 58:67-88.

Ferruglio V, Barrier D. Le rouge a Chauvet-Pont d'Arc. Les Chemins de l'art aurignacien en Europe 2007; 379-92.

Fritz C, Tosello G. Le secteur de la Salle Hillaire et de la Salle du Cráne: Diversité, styles et datation de l'art paléolithique dans la Grotte Chauvet. Les Chemins de l'art aurignacien en Europe 2007; 393-408.

Fortea FJ. El abrigo de La Viña. Informe de las campañas 1980-1986. Excavaciones arqueológicas en Asturias 1983-1986, 1990; 55-68.

Fortea FJ. El abrigo de La Viña. Informe de las campañas 1987-1990. Excavaciones arqueológicas en Asturias 1987-1990, 1992; 19-28.

Fortea FJ. Los santuarios exteriores en el paleolítico cantábrico. Complutum 1994; 5:203-20.

Fortea FJ. Abrigo de La Viña. Informe y primera valoración de las campañas 1991-1994. Excavaciones arqueológicas en Asturias 1991-1994, 1995; 19-31.

Fortea FJ. Abrigo de La Viña. Informe y primera valoración de las campañas 1995-1998. Excavaciones arqueológicas en Asturias 1995-1998, 1999; 31-41.

Fortea FJ. Los comienzos del arte paleolítico en Asturias: aportaciones desde una arqueología contextual no postestilística. Zephyrus 2000-2001; 53-54:177-216.

Fortea FJ. Los grabados exteriores de Santo Adriano (Tuñón. Santo Adriano. Asturias). Homenaje a Jesús Altuna. Munibe 2005-2006; 57:23-52.

Fortea FJ. 39 edades 14C AMS para el arte paleolítico rupestre en Asturias. Excavaciones arqueológicas en Asturias 1999-2002, 2007; 91-102.

Freeman LG. Contribución al estudio de los niveles paleolíticos en la cueva del Conde. Boletín del Instituto de Estudios Asturianos 1977; 90-91:447-88.

González Sainz C, San Miguel C. Las cuevas del desfiladero. Arte rupestre paleolítico en el valle del río Carranza (Cantabria-Vizcaya). Monografías Arqueológicas de Cantabría. Gobierno de Cantabria, Universidad de Cantabria, 2001; 225 pp.

Grine FE, Henshilwood CS, Sealy JC. Human remains from Blombos Cave, South Africa: (1997–1998 excavations). Journal of Human Evolution 2000; 37:755-65.

Gum RG, Ogleby CL, Lee D, Whear RL. A method to visually rationalize superimposed pigment motifs. Rock Art Research 2010; 27(2):131-6.

Henshilwood CS, D'Errico F, Watts I. Engraved ochres from the Middle Stone Age levels at Blombos cave, South Africa. Journal of Human Evolution 2009; 57(1):27-47.

Hernández Pacheco E. La caverna de la Peña de Candamo (Asturias). Comisión de Investigaciones Paleontológicas y Prehistóricas. Memorias 1919; 24. Madrid.

Jordá Cerda F. Notas sobre el Musteriense de Asturias. Boletín del Instituto de Estudios Asturianos 1995; 25:1-24.

Jordá Cerda F. Los comienzos del Paleolítico Superior en Asturias. Anuario de estudios atlánticos 1969; 15:281-321.

Jordá Cerda F. Los dos santuarios superpuestos de la Cueva de Candamo. Actas del IX Congrès de la UISPP, 1976; 210.

Kumar G. Daraki-Chattan: a Palaeolithic cupule site in India. Rock Art Research 1996; 13:38-46.

Laming-Emperaire A. La signification de l'art rupestre paléolithique. Méthodes et applications. Paris: Picard, 1962; 424 pp.

Leroi-Gourham A. Préhistoire de l'art occidental. Paris: Mazenod, 1965; 482 pp.

Leroi-Gourham A. L'art paléolithique. La Préhistoire française I, 1976; 741-8.

López Mora JF. El mundo de los grabados de las cuevas de Peña Candamo y Llonín (Asturias). Studia Zamorensia 1988; 9:75-84.

Lorblanchet M. La Naissance de l'Art. Genese de l'Art Prehistorique dans le Monde. Paris, France: Editions Errance, 1999; 304 pp.

Lorblanchet M, Bahn P (Ed). Rock art studies: The post-stylistic era or where do we go from here? Oxbow Monograph, 35, Exeter, 1993; 215 pp.

Márquez MC. Las excavaciones del Conde de la Vega del Sella en la cueva del Conde (Tuñón, Asturias). Boletín del Instituto de Estudios Asturianos 1977; 90-91:431-46.

Márquez MC. Los grabados rupestres de la Cueva del Conde (Tuñón, Asturias): nota preliminar. Altamira Symposium 1981; 311-8.

Marshack A. Some implications of the Palaeolithic symbolic evidence for the origin of language. Current Anthropology 1976; 17(2):274-82.

Menéndez Pidal L. Los monumentos en Asturias. Su aprecio y restauración desde el pasado siglo. Madrid, 1954.

Moure A. Algunas consideraciones sobre el Muro de los Grabados de San Román de Candamo (Asturias). Altamira Symposium 1981; 339-52.

Nash G. Serra da Cavipara. America's oldest art? Current World Archaeology 2010; 37:41-6.

Obermaier H. El hombre fósil. Madrid: Ed. Istmo, 1925; 457 pp.

Ochoa B. La datación absoluta del arte rupestre cantábrico: estado de la cuestión y valoración crítica. CKQ Estudios de Cuaternario 2011; 1:133-50.

Parkington J, Poggenpoel C. Diepkloof Rock Shelter. In: Parkington, J, Hall, M. (Eds.), Papers in Prehistory of the Western Cape, South Africa, vol. 332. BAR International, 1987; 269-93.

Pessis AM. Imagens da Pré-História: Parque Nacional Serra da Capivara. FUNDAM/PETROBRAS, Sao Paulo, 2003; 307 pp.

Peyroni D. A propos de la grotte des Bernous. Bulletin de la Société historique et archéologique du Périgord 1929; 56(1-2):71.

Peyroni D. La Ferrassie. Préhistoire 1934; 3:1-92.

Peyroni D. Le Gisement Castanet, vallon de Castelmerle (commune de Sergeac), Aurignacien I et II. Bulletin de la Société préhistorique française 1935; 32(9):418-43.

Peyroni D. Le gisement prehistorique de l'abri Cellier, au Ruth, commune de Tursac (Dordogne). Gallia Préhistoire 1946; 4:294-301.

Pinto T. Complejo cárstico de El Sidrón (Borines). Torrecerredo 1975; 8:31-4.

Rivera A. Relación entre Neandertales y Cromañones: un enfoque cognitivo. Zephyrus 2008; LXI(1):85-106.

Rivera A. La conducta moderna en el Paleolítico Superior Inicial. Espacio, Tiempo y Forma, Serie I. Nueva época. Prehistoria y Arqueología 2009; 2:75-92.

Rivière E. Nouvelles recherches anthropologiques et paléontologiques dans la Dordogne. A.F.A.S. (Congres de Caen), 1894; 709-22.

Roussot A. La decouverte des gravures de Pair-non-Pair d'apres les notes de François Daleau. Cahiers du Vitrezais 1972-1973; 3:5-7; 4:15-7; 6:21-3.

Texier Pj, Porraz G, Parkington J, Rigaud Jp, Poggenpoel C, Miller C, Tribolo C, Cartwright C, Coudenneau A, Klein R, Steele T, Verna C. A Howiesons Poort tradition of engraving ostrich eggshell containers dated to 60,000 years ago at Diepkloof Rock Shelter, South Africa. Proceedings of the National Acadademy of Science USA, 2010; 107:6.180-5.

Torres T y otros. La datación de los fósiles de El Sidrón: una compleja aproximación multidisciplinar. Excavaciones Arqueológicas en Asturias. Monografías I, 2010; 159-65.

Vega G. El final del Paleolítico Medio y el inicio del Paleolítico Superior: más allá de los datos cantábricos. Neandertales Cantábricos: Estado de la cuestión. Monografías del Museo Nacional y Centro de Investigación de Altamira 2005; 20:541-56.

Wakankar VS. The oldest works of arts? Science Today 1983; 20:43-8.

Zilhao J. Modernos y neandertales en la transición del Paleolítico Medio al Superior en Europa. Espacio, Tiempo y Forma, Serie I. Nueva época. Prehistoria y Arqueología 2008; 1:47-58.

Züchner C. La cueva Chauvet datada arqueológicamente. Edades. Revista de Historia 1999; 6:167-85.

Züchner C. La Grotte Chauvet. Un sanctuaire aurignacien? Les conséquences pur l'art paleolithique. Les Chemins de l'art aurignacien en Europe 2007; 409-20.

Lateralidad manual de *Homo heidelbergensis:* la Sima de los Huesos (Sierra de Atapuerca, Burgos)

Dra. Marina Lozano Ruiz

Abstract

La lateralidad manual está muy bien establecida en nuestra especie. Sin embargo, todavía no se ha podido determinar qué especie fue la primera en presentar lateralidad manual, a pesar de que se ha llevado a cabo una gran diversidad de estudios desde enfoques muy distintos (paleoneurología, talla de herramientas líticas, zooarqueología…).

Una de las mejores maneras para determinar la lateralidad manual es observar a los individuos manipulando objetos de manera espontánea. Obviamente este método no puede emplearse en el caso de homínidos fósiles. No obstante, cierto tipo de desgaste dental puede ofrecernos una evidencia directa de qué mano fue empleada de manera preferente por los homínidos. Concretamente, estamos refiriéndonos a las estrías culturales que aparecen en la superficie labial de la dentición anterior de individuos pertenecientes a diversas especies *(Homo heidelbergensis,* neandertales, *Homo sapiens…).* Estas estrías son resultado del uso de la dentición como tercera mano para procesar y manipular una gran diversidad de materiales. La población de *Homo heidelbergensis* de la Sima de los Huesos (Sierra de Atapuerca, Burgos) presenta este tipo de rasgo de desgaste, a partir del cual hemos podido inferir un uso preferente de la mano derecha, hace ya 500.000 años.

Introducción

La lateralidad manual es consecuencia de la lateralidad cerebral. El cerebro está dividido en dos partes o hemisferios, derecho e izquierdo, cada uno de ellos con funciones específicas. El hemisferio izquierdo rige la parte derecha del cuerpo y viceversa, con lo cual también existe una lateralidad corporal que se manifiesta en el uso preferente y con mayor eficacia de una mitad del cuerpo frente a la otra. Los humanos actuales poseemos el nivel más elevado de lateralidad manual, alcanzando el 90% de la población (McGrew y Marchant, 1997). El porcentaje de diestros siempre es mucho más elevado que el de zurdos, aproximadamente de nueve diestros por cada zurdo. No obstante, esta proporción varía en función de la población estudiada. En general, las sociedades occidentales tienen una gran mayoría de diestros y un pequeño porcentaje de zurdos. En cambio, en las sociedades preindustriales el número de zurdos aumenta (Faurie *et al.,* 2005). Esto puede ser consecuencia de presiones de tipo cultural en las sociedades occidentalizadas, en las que se forzaba el uso de la mano derecha frente a la izquierda, por ejemplo al escribir, por considerarlo más adecuado.

El uso preferente de la mano derecha es un rasgo típicamente humano que conlleva importantes implicaciones sobre lateralidad corporal y cerebral. Por este mo-

tivo se han realizado multitud de estudios con la intención de establecer cuándo y cómo aparece esta característica entre nuestros antepasados.

Inferencias sobre lateralidad manual

La mejor manera para determinar la lateralidad manual de un individuo es observarlo mientras realiza alguna tarea de manera espontánea o sujeta una herramienta (Faurie *et al.,* 2005). Obviamente, este método de observación directa del individuo no puede ser aplicado en el estudio de poblaciones fósiles. Sin embargo, desde la paleobiología y la arqueología se ha conseguido obtener información relevante sobre este tema.

El endocráneo de diversas especies de homínidos fósiles se ha estudiado para determinar las asimetrías anatómicas del cerebro. En poblaciones vivas, las asimetrías entre el occipital izquierdo y el frontal derecho están relacionadas con especializaciones funcionales, como lateralidad manual o lenguaje. De particular relevancia es la posición de la tercera circunvolución inferior frontal relacionada precisamente con el lenguaje, el uso de herramientas y la lateralidad manual. Igualmente interesante es la torsión hemisférica que, en nuestra especie, está vinculada a la lateralidad manual. El endocráneo del fósil KNM-ER 1470 perteneciente a la especie *Homo rudolfensis,* con una antigüedad de 1,9 millones de años, muestra una posición moderna de la tercera circunvolución inferior frontal y torsión hemisférica (Holloway, 1996; Tobias, 1987). Este último rasgo también se ha identificado en *Homo ergaster* de 1,8 millones de años y en el niño de Taung *(Australopithecus africanus)* de 3 millones de años (Holloway, 1983; Holloway y Lacoste-Lareymonde, 1982). Estos análisis tienen el gran inconveniente de contar con una muestra fósil muy reducida que sólo permite establecer la lateralidad para individuos concretos y no para el conjunto de una población. Además, no se puede establecer con certeza qué implicaciones prácticas conllevaba para homínidos de esta antigüedad poseer una organización cerebral con este tipo de rasgos modernos.

La reconstrucción de la secuencia de producción de las herramientas líticas también ha proporcionado información sobre la mano utilizada en su fabricación. Toth (1985) llegó a la conclusión de que tanto *Homo habilis* como *Homo rudolfensis* ya eran diestros o al menos utilizaban la mano derecha para fabricar herramientas. Los análisis del desgaste y uso de las herramientas líticas del yacimiento de Galería (Sierra de Atapuerca, Burgos) han permitido identificar una mayoría de diestros entre hace 400.000 y 200.000 años (Ollé, 2003). A la misma conclusión se llegó al estudiar el patrón de extracción de lascas del yacimiento musteriense de La Cotte de San Brelade, en Jersey (Reino Unido) (Cornford, 1986). No obstante, con este método no se puede establecer con seguridad cuántos miembros del grupo han tallado esas herramientas directamente y, por tanto, los datos obtenidos tienen un sesgo importante a nivel de población.

Otros investigadores han determinado la lateralidad manual a través del estudio de las marcas que las herramientas líticas dejan en la superficie de los huesos una vez que los homínidos han descuartizado y procesado sus presas (Bromage y Boyde,

1984; Bromage *et al.,* 1991; Shipman y Rose, 1983). No obstante, recientemente algunos estudios han cuestionado la validez de este método, ya que hay ciertas variables que no pueden ser controladas con seguridad, como la posición concreta de la mano con respecto al hueso (Pickering y Hensley-Marschand, 2008).

Finalmente, el estarcido de manos de las pinturas rupestres también ha proporcionado información acerca de la lateralidad manual. Groënon (1988) analizó los estarcidos de cuevas francesas del Paleolítico Superior llegando a la conclusión de que el 77% de los mismos representaban la mano izquierda. La mano derecha había sido utilizada para sujetar el tubo con el pigmento y la mano apoyada, cuyo negativo quedaba en la pared, era la izquierda. Años más tarde, Faurie y Raymond (2004) realizaron un experimento en el que pidieron a estudiantes universitarios que realizaran la técnica del estarcido sobre una hoja de papel obteniendo la misma proporción entre zurdos y diestros que Groënon, con lo cual ratificaron sus conclusiones.

Microdesgaste dental: estrías en la dentición anterior

El microdesgaste dental se ha erigido como otra disciplina capaz de aportar información sobre lateralidad manual. Tanto humanos como primates utilizamos nuestros dientes para procesar los alimentos que vamos a ingerir. Los dientes anteriores (incisivos y caninos) sirven para pelar frutos o para obtener pequeñas porciones de alimentos, mientras que los dientes posteriores (premolares y molares) son los encargados de la masticación propiamente dicha. La fase preparatoria del alimento se caracteriza por la interacción entre manos y dientes de manera simultánea. A lo largo de nuestra evolución, el uso de esta técnica se generalizó, ampliándose la gama de materiales manipulados con manos y dientes que ya no estaban exclusivamente destinados a la alimentación. Los dientes se convirtieron en una auténtica herramienta, siendo utilizados como una "tercera mano". Es en este contexto donde se lleva a cabo una técnica conocida como "poner y cortar", que consiste en sujetar un material entre los dientes anteriores y una de las manos. La mano libre corta este material con ayuda de una herramienta lítica (Brace, 1967; Brace *et al.,* 1987). En este proceso de corte, la herramienta puede golpear accidentalmente el esmalte de incisivos y caninos ocasionando cortes o estrías con unas características y dimensiones bien determinadas.

La primera investigadora en identificar este tipo de estrías y plantear una hipótesis sobre su origen fue Marie-Antoinette de Lumley, que, en 1973, identificó unas marcas en la superficie labial de los dientes anteriores de los individuos del yacimiento de Hortus (Francia) (De Lumley, 1973). Estrías similares han sido halladas en homínidos fósiles de diferentes yacimientos del Pleistoceno Medio y Tardío, como Shanidar (Irak) (Trinkaus, 1983), Krapina (Croacia) (Lalueza Fox y Frayer, 1997), Sima de los Huesos y Cova Negra (España), La Quina V (Francia) (Bermúdez de Castro *et al.,* 1988), Saint Bras, Angles-sur-L'Anglin (Francia), Kabwe (Zambia), Mauer (Alemania) (Lalueza Fox y Pérez-Pérez, 1994; Puech, 1979, 1982), Tabun I (Israel) (Lalueza Fox, 1992) y Vindija (Croacia) (Frayer *et al.,*

2011). También se han documentado en humanos anatómicamente modernos del yacimiento calcolítico de Mehgarh (Lukacs y Pastor, 1988) y en dientes de esquimales, aleutianos, fueguinos, aborígenes australianos, indios Arikara e indios Puye, entre otros (Bax y Ungar, 1999; Lalueza Fox, 1992; Merbs, 1968).

La muestra de la Sima de los Huesos

La muestra de homínidos del yacimiento de la Sima de los Huesos (SH) es el conjunto más numeroso de fósiles en los que se ha documentado este tipo de estrías de origen cultural, permitiendo obtener conclusiones a nivel de población y no de individuos aislados.

El yacimiento de SH es una pequeña cavidad que se encuentra en el interior del sistema cárstico de Cueva Mayor-Cueva del Silo en la Sierra de Atapuerca (Burgos) (figura 1). Los primeros restos humanos se hallaron en 1976 (Aguirre *et al.,* 1976), organizándose excavaciones sistemáticas que se iniciaron en 1984 y continúan en la actualidad.

Los fósiles humanos provienen de la misma unidad geológica, depositándose durante un único episodio de sedimentación (Bischoff *et al.,* 1997). Las características anatómicas y morfológicas de los fósiles indican que pertenecen a la especie *Homo heidelbergensis.* Los restos humanos aparecen mezclados únicamente con fósiles de carnívoros, especialmente de osos de la especie *Ursus deningeri* (García *et al.,* 1997; Torres, 1978). El único resto de cultura material que se ha recuperado junto a los fósiles ha sido un bifaz de cuarcita (Carbonell *et al.,* 2003).



Figura 1. Mapa de localización del yacimiento de la Sima de los Huesos (Sierra de Atapuerca, Burgos). Fuente: Marina Lozano Ruiz.

Los primeros estudios radiométricos y paleomagnéticos otorgaron una antigüedad al yacimiento de 350.000 años (Bischoff *et al.,* 1997, 2003; Cuenca-Bescos *et al.,* 1997; Parés *et al.,* 2000). No obstante, posteriormente se utilizó un nuevo método de datación más preciso y la antigüedad del yacimiento se estimó en 530.000 años (Bischoff *et al.,* 2007).

En la actualidad, la muestra de homínidos de SH asciende a más de 6.500 restos, estando representadas todas las partes esqueléticas, incluyendo huesos tan delicados como los del oído medio (Martínez *et al.,* 2008). El estudio de todos los fragmentos óseos y dientes recuperados ha permitido establecer la presencia de, como mínimo, 28 individuos de ambos sexos y diferentes edades, desde los 4 años estimados para el individuo más joven hasta los más de 35

de los individuos más ancianos (Bermúdez de Castro *et al.,* 2004).

Con el objetivo de determinar la presencia de estrías de origen cultural en los dientes anteriores que podrían evidenciar la práctica de la técnica de "poner y cortar", se ha llevado a cabo el estudio de la muestra dental de SH, que asciende a más de 500 efectivos, de los cuales se seleccionaron 163 dientes anteriores (110 incisivos y 53 caninos) para su análisis (Lozano, 2005). La gran mayoría de incisivos y caninos seleccionados pertenecen a 20 de los 28 individuos presentes en SH. Los ocho individuos excluidos del estudio no tienen dentición anterior asociada y, por tanto, no pueden aportar información a este trabajo.

Mediante estudios paleodemográficos hemos podido estimar que ocho de los 20 individuos seleccionados serían seguramente mujeres, mientras que siete serían de sexo masculino. No ha sido posible estimar el sexo de los cinco individuos restantes. En cuanto a las edades de muerte, se ha establecido un intervalo que va de los 4 años estimados para el individuo IX a los más de 35 de los individuos V y XXI (Bermúdez de Castro *et al.,* 2004; Rosas, 1997; Rosas *et al.,* 2002) (tabla 1). No obstante, la mayor parte de los individuos estudiados (n = 13) son adolescentes y adultos jóvenes con edades comprendidas entre los 9 y los 19 años.

Tabla 1. Individuos estudiados del yacimiento de la Sima de los Huesos (Sierra de Atapuerca, Burgos).

Individuo	Sexo	Edad	Orientación predominante
I	Femenino	16-17	OD
II	–	12,5-14,5	OD
III	Femenino	15-17	OD
V	–	+35	OD
VII	Masculino	24-30	OD
IX	–	3-4	OD
X	Femenino	15-17	No se puede determinar
XI	Femenino	13-15	OD
XII	Masculino	17-19	V
XV	Femenino	17-18	V
XVI	–	12,5-14,5	OD
XVIII	Masculino	9,5-11,5	OD
XX	Masculino	12,5-14,5	OD
XXI	Masculino	+35	V
XXII	Masculino	20-26	OD
XXIII	Femenino	14-16	V
XXIV	–	12,5-14,5	OD
XXV	Femenino	11-13	OD
XXVII	Masculino	20-26	OD
XXXI	Femenino	24-30	OD

OD = orientación hacia la derecha; V = orientación vertical.

Microdesgaste dental en la dentición anterior de los homínidos de la Sima de los Huesos

Basta una simple inspección ocular para identificar unas marcas o estrías más o menos oblicuas en la superficie labial de los incisivos y caninos estudiados (figura 2).

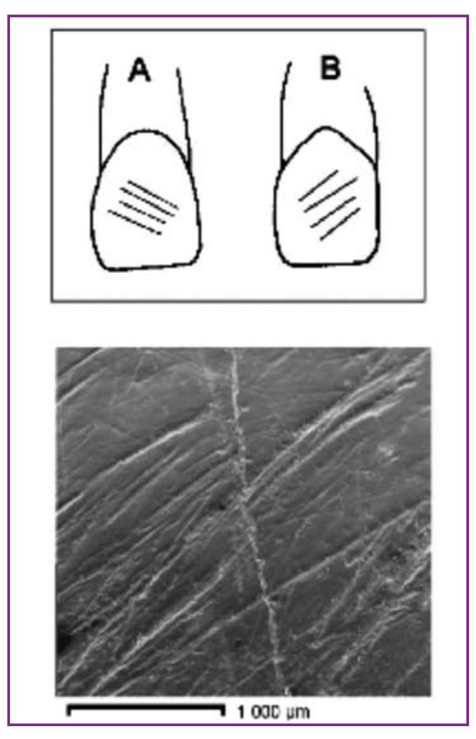


Figura 2. Superior: esquema con las orientaciones de las estrías realizadas por un zurdo (A) y por un diestro (B). Inferior: estrías labiales en la superficie vestibular de un incisivo central superior derecho (AT-42) perteneciente al individuo II de SH. Imagen de MEB (x30). Fuente: Marina Lozano Ruiz.

Para obtener una descripción detallada de la morfología de las estrías, los dientes han sido analizados utilizando un microscopio electrónico de barrido (Lozano *et al.,* 2004, 2008, 2009). Este tipo de microscopios permite obtener imágenes de gran resolución de materiales tanto orgánicos como inorgánicos. El principal requisito es que el material a observar debe ser conductor eléctrico. Las muestras que no lo son se metalizan, recubriéndolas con una fina capa de metal (principalmente oro) o carbón. En el caso de muestras arqueo-paleontológicas este requisito puede suponer un problema, dado que la metalización de una muestra orgánica es un proceso irreversible. La solución estriba en realizar réplicas de alta resolución de los originales. Estas réplicas se realizan mediante un proceso que consta de dos fases. En la primera fase se realiza un negativo o molde del original utilizando siliconas de impresión dental. La segunda fase consiste en obtener el positivo del molde o réplica propiamente dicha introduciendo en el molde resina de poliuretano que replica con una exactitud de micrómetros todos los rasgos del negativo. Una vez fraguada la resina, obtenemos un duplicado exactamente igual que el original y que puede ser metalizado y analizado mediante microscopía electrónica sin que sufra ningún tipo de distorsión (Lozano, 2002). En los últimos años, los avances de la tecnología y la proliferación de los microscopios electrónicos de barrido de cámara ambiental han eliminado la necesidad de que las muestras sean conductoras, con lo cual se pueden observar directamente materiales delicados sin necesidad de metalizarlos y sin ser dañados. No obstante, no siempre es posible trasladar los materiales fósiles al lugar donde se encuentra el microscopio de cámara ambiental, con lo cual la realización de réplicas sigue siendo una opción válida.

Una vez analizadas las estrías de los individuos de SH con el microscopio electró-

nico, se ha realizado una descripción detallada de las mismas. Las estrías tienen unos bordes lineales, bien definidos y paralelos a lo largo de toda su longitud. El fondo de las estrías suele tener una sección transversal en forma de "V". En el interior del surco discurren estrías mucho más finas en sentido longitudinal. En los bordes exteriores de las estrías pueden observarse pequeños levantamientos de esmalte de forma triangular denominados "conos hertzianos". Estos conos son resultado de la interacción entre la presión ejercida por la acción del corte y la resistencia ofrecida por la superficie cortada (Bromage y Boyde, 1984). La morfología de las estrías coincide totalmente con las marcas de corte documentadas sobre los huesos de animales que han sido procesados por los homínidos (Lozano *et al.,* 2004; Shipman y Rose, 1984) (figura 2). La única diferencia claramente discernible es el aspecto desgastado y pulido de los bordes de las estrías halladas en los dientes. Esto es debido a que las marcas se produjeron en vida de los individuos; el uso habitual de la dentición, la acción de la saliva y la lengua han propiciado el aspecto desgastado de las estrías.

Además de la morfología de estas marcas, se han obtenido valores referentes a su anchura, longitud y orientación. Las dimensiones de estas estrías son uno de los rasgos más importantes para establecer la etiología de las mismas y diferenciarlas de otros desgastes causados durante la masticación de alimentos (Lozano *et al.,* 2008) (tabla 2). La orientación también es muy importante, ya que es el rasgo que nos permite inferir la mano con la que se sujetaba la herramienta lítica causante de las marcas o estrías. Esta variable se ha tomado teniendo en cuenta el ángulo de cada estría con respecto al plano oclusal del diente, que representa la línea 0º-180º (figura 2). Se han considerado cuatro categorías de orientación: oblicuo derecho, vertical, horizontal y oblicuo izquierdo (Lozano *et al.,* 2004, 2008).

Los 20 individuos analizados en este trabajo presentan estas estrías en todos o en la mayor parte de sus dientes anteriores, no habiendo ninguna diferencia en cuanto a sexo o edad. El porcentaje de dientes con estrías asciende al 94,5% del total (Lozano *et al.,* 2008). La orientación predominante de las estrías en 15 de los 20 individuos es en oblicuo derecho. Otros cuatro individuos tienen una mayoría de estrías en vertical, mientras que el individuo X es el único que no tiene orientación preferente, ya que está representado por un único

Tabla 2. Dimensiones de las estrías labiales de la muestra de Sima de los Huesos, las producidas experimentalmente y las ocasionadas por la dieta. Todas las medidas están en micrómetros. Las cifras entre paréntesis representan la desviación.

Muestra	Longitud	Anchura	Orientación
Sima de los Huesos	1.507,3 (597,5)	43,2 (17,8)	OD
Marcas experimentales diestro	–	39,7 (15,8)	OD
Marcas experimentales zurdo	–	41,1 (20,9)	OI
Estrías de dieta	50-200	1-5	Variable

OD = orientación hacia la derecha; OI = orientación hacia la izquierda.

diente con sólo tres estrías de diferentes orientaciones (tabla 1).

En diversos trabajos experimentales se ha podido constatar que la orientación de las estrías está directamente relacionada con la mano que sujeta la herramienta (Bermúdez de Castro *et al.,* 1988; Lozano *et al.,* 2004, 2008). La intención de los trabajos experimentales fue generar marcas o estrías en las superficies labiales de dientes actuales y compararlas con las de la muestra fósil. Las marcas se hicieron con herramientas líticas fabricadas con las materias primas utilizadas por los homínidos que poblaron la Sierra de Atapuerca: sílex, arenisca, cuarcita y cuarzo. Se utilizaron dientes procedentes de extracciones clínicas que se dividieron en cuatro grupos en relación a las materias primas empleadas. Cada grupo de dientes se pegó a un protector bucal (como el que utilizan los deportistas) en el lugar que anatómicamente les correspondería en una arcada dental. Para realizar el experimento contamos con la ayuda de dos personas, una diestra y una zurda. Cada uno de ellos se puso un protector bucal y, simulando que cortaban un material, marcaron la superficie labial de los dientes con las herramientas líticas. El procedimiento se repitió varias veces con grupos distintos de dientes y con lascas de diferentes materiales. Los resultados indican que las marcas experimentales tienen la misma morfología y dimensiones que las documentadas en las superficies labiales de los dientes fósiles. Además, el 89,1% de las estrías realizadas por la persona diestra tienen una orientación en oblicuo derecho, mientras que el 78,4% de las realizadas por la persona zurda están orientadas en oblicuo izquierdo (figura 2). Los resultados de este estudio experimental permiten inferir que los 15 individuos de la población de Sima de los Huesos con una orientación preferente en oblicuo derecho habrían utilizado la mano derecha para sujetar la herramienta lítica y, por tanto, serían diestros.

Lamentablemente estos experimentos no permiten inferir la lateralidad de los cuatro individuos de SH con orientación predominante en vertical, ya que tanto el individuo diestro como el zurdo produjeron un pequeño porcentaje de estrías con esta orientación.

Implicaciones de la existencia de lateralidad manual hace 500.000 años

Las estrías que hemos estudiado son consecuencia del uso de una herramienta por parte de los homínidos de SH. Dado que, según Faurie y colaboradores (2005), observar a una persona realizando alguna tarea o manipulando herramientas es la mejor manera para establecer la presencia de lateralidad manual, estas estrías nos aportan la evidencia más directa del uso de herramientas por parte de homínidos fósiles. Además, el hecho de que 19 de los 20 individuos analizados tengan una orientación preferente de las estrías indica homogeneidad en la manera de sujetar y utilizar la herramienta lítica. Es decir, el modo en que utilizaban las herramientas líticas no era fruto del azar, si no que estaba establecido por un uso frecuente y habitual que queda reflejado en la existencia de un patrón concreto de orientación de las estrías. Las estrías se superponen en un mismo diente, lo que indica diferentes momentos de formación. El

hecho de que individuos de diferentes edades, incluidos los más jóvenes, tengan estas estrías implica que esta técnica era utilizada de manera habitual y recurrente durante toda la vida del individuo. Por tanto, estamos ante un hábito que nos indica que 15 de esos 20 individuos empleaban la mano derecha para sujetar y manipular herramientas. En este punto podemos inferir que hace 500.000 años la población de *Homo heidelbergensis* del yacimiento de la Sima de los Huesos estaba lateralizada manualmente, con una gran tendencia hacia el uso de la mano derecha para tareas manipulativas.

La presencia de cinco individuos del grupo con orientaciones preferentes de las estrías que no permiten establecer su lateralidad manual nos sugiere plantear que la población de SH tendría algunos individuos no lateralizados por completo. McGrew y Marchant (1997) propusieron una escala de cinco niveles para definir el grado de lateralidad manual de una población. En el nivel 1 los individuos son ambidiestros, sin mostrar preferencia por una mano al realizar tareas. En el nivel 2, la mayor parte de los componentes de la población mostrarían algún tipo de lateralidad al realizar una tarea, pero no de manera constante. En el siguiente nivel, la mayoría de sujetos usarían una mano de modo preferente para una tarea concreta, pero no habría una distribución clara a nivel de población hacia derecha o izquierda. En el nivel 4 ya existiría un grado de lateralización hacia derecha o izquierda a nivel de población, aunque algunos individuos podrían carecer de ella. Finalmente, en el nivel 5 la mayoría de individuos estarían claramente lateralizados con una distribución específica a derecha o izquierda. En el caso de *Homo sapiens,* esta lateralización se da hacia la derecha. La población de la Sima de los Huesos encajaría en el nivel 4 de esta escala, ya que presenta algunos individuos sin preferencia manual claramente establecida para sujetar herramientas líticas.

La especie *Homo heidelbergensis* contaría con un elevado grado de lateralidad manual a nivel de población, rasgo que se mantendría en sus descendientes, los neandertales. La presencia de estrías culturales en la dentición de numerosas poblaciones neandertales, como Krapina y Vindija, indica que esta especie estaría igualmente lateralizada (Frayer *et al.,* 2010, 2012; Lalueza Fox y Frayer, 1997).

La lateralidad manual y el lenguaje han evolucionado de manera paralela. La lateralidad manual está asociada con la especialización hemisférica del lenguaje (Corballis, 2003; Frost, 1980; McManus, 2004). El 96% de los diestros tiene el dominio del lenguaje en el hemisferio izquierdo, mientras que sólo el 70% de los individuos zurdos lo tiene en el izquierdo (Rasmussen y Milner, 1977; Knecht *et al.,* 2000). Por tanto, la mayor parte de neurólogos y paleoneurólogos acepta la relación entre lenguaje, lateralización cerebral y lateralidad manual. Esta relación es muy intensa en *Homo sapiens.* La cuestión principal que está aún sin resolver radica en establecer si esta relación sólo aparece en nuestra especie o ya la encontramos en especies pretéritas.

El descubrimiento de la secuencia del gen FOXP2 en dos neandertales de sexo masculino del yacimiento asturiano de El Sidrón, datados en unos 50.000 años antes del presente, corrobora las eviden-

cias dentales acerca de la lateralidad (Krause *et al.,* 2007). Este gen está estrechamente relacionado con el habla y el desarrollo del lenguaje. Su secuencia no difiere entre humanos modernos y neandertales. La secuencia neandertal se diferencia de la de los chimpancés en los dos puntos que también lo hace la secuencia de nuestra especie. Por tanto, los neandertales contaban con la capacidad genética para desarrollar un lenguaje con habilidades léxicas y sintácticas como nosotros. La existencia del gen FOXP2 en neandertales implica que el antecesor común de neandertales y humanos también lo tendría o lo habría empezado a desarrollar. Los descubridores del gen postulan que su aparición podría datarse en hace unos 300.000 o 400.000 años (Krause *et al.,* 2007). Las evidencias encontradas en la población de la Sima de los Huesos permiten establecer la capacidad para generar lenguaje y habla hace ya 500.000 años. Además, contamos con evidencias anatómicas que corroboran esta afirmación. El hioides encontrado en el yacimiento de la Sima de los Huesos tiene una morfología moderna, igual que el del neandertal de Kebara, lo que sugiere que la base del tracto vocal de la laringe era similar al nuestro y ambas especies tenían la capacidad física para el habla (Frayer y Nicolay, 2000; Martínez *et al.,* 2008). La población de la Sima de los Huesos cuenta con capacidades auditivas similares a las nuestras, con lo cual también tendría la capacidad de oír y entender el lenguaje hablado (Martínez *et al.,* 2004).

Conclusiones

El estudio de diferentes evidencias ha llevado a establecer la posibilidad de lateralidad manual en especies como *Australopithecus afarensis,* con 3 millones de años de antigüedad (Holloway, 1983; Holloway y de la Coste-Lareymondie, 1982). Estudios con chimpancés salvajes *(Pan troglodytes)* han demostrado que cuentan con cierto grado de lateralidad manual en el uso de herramientas a nivel de población (Hopkins *et al.,* 2011). Estas evidencias nos llevan a plantear la posibilidad de que los antecedentes de la lateralización manual asociada a la manipulación de herramientas se habrían iniciado hace unos 5 millones de años, momento en que los linajes evolutivos de *Pan* y *Homo se separaron* (Lonsdorf y Hopkins, 2005). A partir de este momento se produjo una evolución hacia un mayor grado de lateralidad corporal, manual y, en definitiva, cerebral.

La población de *Homo heidelbergensis* de la Sima de los Huesos utilizaba de manera preferente su mano derecha para manipular herramientas. La existencia de lateralidad manual con preferencia en la mano derecha es un rasgo típicamente humano que implica lateralidad corporal y, a su vez, cerebral. Hace 500.000 años el cerebro presentaba asimetrías similares a la de nuestra especie que conllevaban capacidades similares a las nuestras para manipular herramientas. También tendrían la capacidad para organizar el propio cuerpo en el espacio y con respecto a los objetos de la misma manera que lo hace nuestra especie. La posibilidad de tener un lenguaje articulado abre un amplio abanico de posibilidades cognitivas para la especie *Homo heidelbergensis* y para las siguientes. El lenguaje permite una mayor y más intensa comunicación con los otros miembros del grupo, hace posible la transmisión del

pensamiento simbólico y, en definitiva, la aparición de expresiones tan complejas como el arte.

Agradecimientos

Los trabajos realizados en la Sierra de Atapuerca cuentan con la financiación del Ministerio de Ciencia e Innovación con el proyecto CGL2009-12703-C03-02: Comportamiento ecosocial de los homínidos de la Sierra de Atapuerca durante el Cuaternario II, de la Consejería de Cultura y Turismo de la Junta de Castilla y León y de la Fundación Atapuerca.

Finalmente, nos gustaría agradecer a Eudald Carbonell, José M.ª Bermúdez de Castro y Juan Luis Arsuaga, directores de los yacimientos de la Sierra de Atapuerca, su apoyo durante la realización de estos estudios.

Bibliografía recomendada

Aguirre E, Basabe JM, Torres TJ. Los fósiles humanos de Atapuerca (Burgos): Nota preliminar. Zephyrus 1976; 26-27:489-512.

Bax J, Ungar P. Incisor Labial Surface Wear Striations in Modern Humans and their Implications for Handedness in Middle and Late Pleistocene Hominids. International Journal of Osteoarchaeology 1999; 9:189-98.

Bermúdez de Castro JM, Bromage T, Fernández-Jalvo Y. Buccal striations on fossil human anterior teeth: evidence of handedness in the middle and early Upper Pleistocene. Journal of Human Evolution 1988; 17:403-12.

Bermúdez de Castro JM, Martinón-Torres M, Bermúdez de Castro A, Muela A, Sarmiento S, Lozano M. Paleodemografía del yacimiento del Pleistoceno Medio de la Sima de los Huesos (Sierra de Atapuerca). E. Baquedano y S. Rubio Jara, eds. Miscelánea en homenaje a Emiliano Aguirre. Paleoantropología. Museo Arqueológico Regional, Alcalá de Henares. 2004; 11-23

Bischoff JL, Fitzpatrick JA, León L, Arsuaga JL, Falgueres C, Bahain JJ, Bullen T. Geology and preliminary dating of the hominid-bearing sedimentary fill of the Sima de los Huesos Chamber, Cueva Mayor of the Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain. Journal of Human Evolution 1997; 33:129-54.

Bischoff JL, Shamp DD, Aramburu A, Arsuaga JL, Carbonell E, Bermúdez de Castro JM. The Sima de los Huesos Hominids Date to Beyond U/Th Equilibrium (>350 Kyr) and Perhaps to 400-500 Kyr: New Radiometric Dates. Journal of Archaeological Science 2003; 30:275-80.

Bischoff JL, Williams R, Rosenbauer R, Aramburu A, Arsuaga JL, García N, Cuenca-Bescós G. High-resolution U-series dates from the Sima de los Huesos hominids yields 600+8kyrs: implications for the evolution of the early Neanderthal lineage. Journal of Archaeological Science 2007; 34:763-70.

Brace CL. Environment, Tooth Form, and Size in the Pleistocene. Journal of Dental Research 1967; 46:809-16.

Brace CL, Rosenberg KR, Hunt KD. Gradual change in human tooth size in the late pleistocene and post-pleistocene. Evolution 1987; 41:705-20.

Bromage T, Boyde A. Microscopic Criteria for the Determination of Directionality Cutmarks on Bone. American Journal of Physical Anthropology 1984; 65:359-66.

Carbonell E, Mosquera M, Ollé A, Rodríguez XP, Sala R, Vergès JM, Arsuaga JL, Bermúdez de Castro JM. Les premiers comportements funeraires auraint-ils pris place à Atapuerca, il y a 350,000 ans? L'Anthropologie 2003; 107:1-14.

Corballis MC. From mouth to hand: Gesture, speech, and the evolution of right-handedness. Behavioural and Brian Sciences 2003; 26:199-260.

Cuenca-Bescos G, Conesa CL, Canudo JI, Arsuaga JL. Small mammals from Sima de los Huesos. Journal of Human Evolution 1997; 33:175-90.

De Lumley MA. Anténéandertaliens et néandertaliens du bassin méditerranéen occidental

européen. Laboratoire de Paleontologie Humaine et de Prehistoire, Marsella, 1973.

Faurie C, Schiefenhövel W, Bomin S, Billiard S, Raymond M. Variation in the Frequency of left-handedness in Traditional Societies. Current Anthropology 2005; 46:142-7.

Frayer DW, Fiore I, Lalueza-Fox C, Radovãiç J, Bondioli L. Right handed Neanderthals: Vindija and beyond. Journal of Anthropological Science 2010; 88:113-27.

Frayer DW, Lozano M, Bermúdez de Castro JM, Carbonell E, Arsuaga JL, Radovcic J, Fiore I, Bondioli L. More than 500,000 years of right-handedness in Europe. Laterality 2012; 17:51-69.

Frayer DW, Nicolay CW. Fossil evidence for the origin of speech sounds. Pp. 217-234 in N. L. Wallin, B. Merker and S. Brown, eds. The origin of music. Cambridge: MIT Press, MA, 2000.

Frost GT. Tool behaviour and the origins of laterality. Journal of Human Evolution 2000; 9:447-59.

García N, Arsuaga JL, Torres T. The carnivore remains from the Sima de los Huesos Middle Pleistocene site (Sierra de Atapuerca, Spain). Journal of Human Evolution 1997; 33:155-74.

Holloway R. Cerebral brain endocast pattern of Australopithecus afarensis hominid. Nature 1983; 303:420-2.

Holloway R. Evolution of the Human Brain. E. A. Lock and C. R. Peters, eds. Handbook of Human Symbolic Evolution. Oxford: Clarendon Press, 1996; 74:116.

Holloway RL, De la Coste-Lareymondie MC. Brain endocast asymmetry in pongids and hominids: Some preliminary findings on the palaeontology of cerebral dominance. American Journal of Physical Anthropology 1982; 58:101-10.

Hopkins WD, Phillips KA, Bania A, Calcutt SE, Gardner M, Russell MD, Schaeffer J, Londsdorf EV, Ross SR, Schapiro SJ. Hand preferences for coordinated bimanual actions in 777 great apes: Implications for the evolution of handedness in Hominins. Journal of Human Evolution 2011; 60:605-11.

Krause J, Lalueza-Fox C, Orlando L, Enard W, Green R, Burbano H. The derived FOXP2 variant of modern humans was shared with Neanderthals. Current Biology 2007; 17:1.908-12.

Lalueza Fox C. Information obtained from the microscopic examination of cultural striations in human dentition. International Journal of Osteoarchaeology 1992; 2:155-69.

Lalueza Fox C, Frayer DW. Non-dietary marks in the anterior dentition of the Krapina Neanderthals. International Journal of Osteoarchaeology 1997; 7:133-49.

Lalueza Fox C, Pérez-Pérez A. Cutmarks and post-mortem striations in fossil human teeth. Human Evolution 1994; 9:165-72.

Lonsdorf EV, Hopkins WD. Wild chimpanzees show population level handedness for tool use. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 2005; 102:12.634-8.

Lozano M. Microscopia y realización de réplicas. B. Perea Pérez, J. A. Sánchez Sánchez y S. Domínguez González, eds. Antropología y Paleontología dentarias. Ed. Mapfre, Madrid, 2002; 373-84.

Lozano M. Estudio del desgaste a nivel microscópico de los dientes anteriores de los homínidos del yacimiento pleistocénico de Sima de los Huesos (Sierra de Atapuerca, Burgos). Historia, Historia de l'Art i Geografia. Rovira i Virgili, Tarragona, 2005; 329.

Lozano M, Bermúdez de Castro JM, Carbonell E, Arsuaga JL. Non-masticatory uses of anterior teeth of Sima de los Huesos individuals (Sierra de Atapuerca, Spain). Journal of Human Evolution 2008; 55:713-28.

Lozano M, Bermúdez de Castro JM, Martinón-Torres M, Sarmiento S. Cutmarks on fossil human anterior teeth of the Sima de los Huesos site (Atapuerca, Spain). Journal of Archaeological Science 2004; 31:1.127-35.

Lozano M, Mosquera M, Bermúdez de Castro JM, Arsuaga JL, Carbonell E. Right handedness of Homo heidelbergensis from Sima de los Huesos (Atapuerca, Spain) 500,000 years ago. Evolution and Human Behavior 2009; 30:369-76.

Lukacs J, Pastor R. Activity-Induced Patterns of Dental Abrasion in Prehistoric Pakistan: Evidence From Mehgarh and Harappa. American Journal of Physical Anthropology 1988; 76:377-98.

Martínez I, Arsuaga JL, Quam R, Carretero JM, Gracia A, Rodríguez L. Human hyoid bones from the middle Pleistocene site of the Sima de los Huesos (Sierra de Atapuerca, Spain). Journal of Human Evolution 2008; 54:118-24.

Martínez I, Rosa M, Arsuaga JL, Jarabo P, Quam R, Lorenzo C, Gracia A, Carretero M, Bermúdez de Castro JM, Carbonell E. Auditory capacities in Middle Pleistocene humans from the Sierra de Atapuerca in Spain. PNAS 2004; 101:9.976-81.

McGrew WC, Marchant LF. On the other hand: Current issues and metaanalysis of the behavioral laterality of hand function in non-human primates. Yearbook of Physical Anthropology 1997; 40:201-32.

McManus C. Right hand, left hand:The origins of asymmetry in brains, bodies, atoms and culture. Cambridge: Harvard University Press, MA, 2004.

Merbs C. Anterior tooth loss in Arctic Populations. Southwestern Journal of Anthropology 1968; 28:20-32.

Ollé A. Variabilitat i patrons funcionals en els Sistemes Tècnics de Mode 2. Anàlisi de les deformacions d'ús en els conjunts lítics del RIparo Esterno de Grotta Paglicci (Rignano Garganico, Foggia), Áridos (Arganda, Madrid) i Galería-TN (Sierra de Atapuerca, Burgos). Història i Geografia. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, 2003.

Parés JM, Pérez-González A, Weil AB, Arsuaga JL. On the age of th hominid fossils at the Sima de los Huesos, Sierra de Atapuerca, Spain: paleomagnetic evidence. American Journal of Physical Anthropology 2000; 111:451-61.

Pickering TR, Hensley-Marschand B. Cutmarks and hominid handedness. Journal of Archaeological Science 2008; 35:310-5.

Puech PF. The Diet of Early Man: Evidence from Abrasion of Teeth and Tools. Current Anthropology 1979; 20:590-2.

Puech PF. L'usure dentaire de l'homme de Tautavel. L'Homo erectus et la place de l'-homme de Tautavel parmi les hominidés fossiles, 1982; 249-75.

Rosas A. A gradient of size and shape for the Atapuerca sample and Middle Pleistocene hominid variabilty. Journal of Human Evolution 1997; 33:319-31.

Rosas A, Bastir M, Martínez-Maza C, Bermúdez de Castro JM. Sexual dimorphism in the Atapuerca-SH hominids: the evidence from the mandibles. Journal of Human Evolution 2002; 42:451-74.

Shipman P, Rose J. Cutmark Mimics on Modern and Fossil Bones. Current Anthropology 1984; 2:116-7.

Tobias PV. The brain of Homo habilis: a new level of organization in cerebral evolution. Journal of Human Evolution 1987; 16:741-61.

Torres T. Histórica de la excavación de Atapuerca 1976. E. Aguirre, E. Carbonell y J. M. Bermúdez de Castro, eds. El hombre fósil de Ibeas y el Pleistoceno de la Sierra de Atapuerca. Junta de Castilla y León, Valladolid, 1978; 37-8.

Trinkaus E. The Shanidar Neandertals. New York: Academic Press, 1983.

Del cerebro a los primeros enterramientos: la evolución de la cognición humana

Dra. Marina Mosquera Martínez

Introducción

La palabra "cognición" significa conocimiento y, a la vez, el proceso por el cual se adquiere este conocimiento. El estudio de la complejidad cognitiva del ser humano ha resultado ser un tema recurrente en el interés social, enfocándose desde todo tipo de disciplinas. Pero ¿cómo y cuándo surge esta capacidad durante la evolución humana?, ¿la compartían ya otros homínidos fósiles? Al intentar responder a estas cuestiones nos vemos necesariamente abocados a preguntarnos cómo concretamos ese término de "cognición" o capacidad y proceso de conocer.

La dificultad estriba en que la cognición incluye todo lo que no es automático ni instintivo. No obstante, resulta relativamente fácil reconocer los comportamientos y las actividades que incluimos en nuestra complejidad cognitiva: racionalidad, lenguaje, música, filosofía, tecnología, matemática, solidaridad, empatía… Todo ello es cognición compleja, y, de hecho, nuestra vida está literalmente envuelta en ella. Sin embargo, si miramos detenidamente esta lista y hacemos un esfuerzo de abstracción –que naturalmente resulta ser una capacidad cognitiva compleja– somos capaces de reducir este alud de actividades y comportamientos a unas pocas unidades que subyacen a todo ello: capacidad simbólica (lenguaje, arte), *capacidad tecnológica* (fabricación de herramientas), conciencia (identidad individual, grupal, rituales mortuorios) y *socialización de conocimientos* (aprendizaje, difusión). Es la combinación de estos cuatro potenciales lo que da al ser humano su carácter único en la forma y grado de su complejidad cognitiva.

Lenguaje y comunicación

Una de las características principales de la cognición humana es el uso del lenguaje, que resulta ser la capacidad simbólica por excelencia. A menudo solemos utilizar los términos "lenguaje" y "comunicación" indistintamente. No obstante, lenguaje es el "conjunto de sonidos articulados con que el hombre manifiesta lo que piensa o siente", mientras que la comunicación sería la "acción y efecto de comunicar o comunicarse", "Transmisión de señales mediante un código común al emisor y al receptor" (RAE, 2010). Por tanto, el lenguaje es parte de la comunicación.

Lenguaje-comunicación en animales

Obviamente, los animales se comunican, pero no a través de un lenguaje propiamente dicho, sino a través de una serie pequeña de señales, a veces vocalizaciones, restringidas a unos contextos muy limitados. Por el contrario, una de las propiedades que distingue al lenguaje de cualquier otra forma de comunicación es que es *generativo.* Es decir, no contiene

un límite ni en el número de ideas o proposiciones a expresar, ni en la creación de nuevas combinaciones o palabras. Precisamente por tal potencial, ha sido necesaria la gramática, para conjugar las diferentes articulaciones vocálicas de acuerdo a un conjunto de reglas que nos permitan estructurar el discurso y, por supuesto, entenderlo. Es muy posible que esta gramática básica no esté totalmente sujeta al aprendizaje, sino que esté preprogramada, que sea innata al individuo, como ha sido ampliamente defendido por Noham Chomsky y Steven Pinker.

El estudio sobre la comunicación en animales ha sido desarrollado por los investigadores durante varias décadas. En nuestro caso tan sólo nos centraremos en unos pocos aspectos cuya investigación ha ofrecido interesantes resultados. Por ejemplo, en 1980, Seyfarth y colaboradores publicaron un interesantísimo estudio en el que se estudiaban los gritos de alarma que emitían un grupo de monos pertenecientes a la especie *Cercopithecus aethiops.* Lo interesante del estudio era que, al parecer, estos monos emitían un grito diferente, emitidos a diferentes frecuencias, dependiendo del peligro que se avecinara (Seyfarth *et al.,* 1980).

Tomemos también el caso, mucho más complejo y cercano, de la comunicación en chimpancés, con quienes compartimos el 98% del código genético. En realidad, estos grandes primates se comunican entre ellos a través de dos vías, como en el caso de los humanos: la de las vocalizaciones y la de los gestos. En cuanto al repertorio de la primera –la vocal–, no cabe duda de que es relativamente limitado, aun cuando el chimpancé es capaz de emitir 15 vocalizaciones diferentes. Esta limitación se debe, al menos en parte, a la morfología del aparato fonador –como trataremos más adelante–, por la cual encuentran especial dificultad en la pronunciación de las consonantes.

En lo referente a la segunda, la comunicación gestual, los trabajos realizados por Joseph Call y Michael Tomasello (Call y Tomasello, 1998; Tomasello y Call, 1997; Tomasello, 1999; Tomasello *et al.,* 1999), entre otros, nos demuestran que estos grandes primates son capaces de organizar un discurso gestual complejo, aun cuando en general se trate siempre de un tipo de comunicación imperativa, del tipo "quiero una banana", "ven aquí", etc. En general, parece que la comunicación vocal se utiliza mayoritariamente como aviso o como medio para mostrar el estado anímico, mientras que la gestual se utiliza para pedir cosas concretas, lo cual no impide que ambas puedan darse simultáneamente como apoyo conjunto.

Sin duda, una de las grandes investigadoras sobre este tema es Sue Savage-Rumbaugh, quien ha invertido numerosos años en estudiar el potencial comunicativo de las dos especies de chimpancés vivientes: el chimpancé común *(Pan troglodytes)* y el bonobo *(Pan paniscus),* llegando a resultados sorprendentes con algunos ejemplares eminentes de esta última especie.

El caso más llamativo es el de Kanzi, un bonobo de 31 años criado por los cuidadores del centro Yerkes de la Georgia State University. Los bonobos son una especie particularmente inteligente, y con unas características etológicas sorprendentemente cercanas a nuestro comportamiento (De Waal y Lasting, 1997; De Waal, 2005a,

2005b). Kanzi adquirió un amplio vocabulario: aprendió a relacionar la palabra inglesa con su referente en el mundo real y después aprendió a relacionar la palabra con un símbolo geométrico.

Ello indujo a Savage-Rumbaugh a formular la hipótesis de que la presencia del lenguaje en los humanos no puede ser atribuida a ningún circuito neurológico innato y especializado, sino a un fenómeno social, producto del aprendizaje y del ambiente social del que está rodeado un individuo (Savage-Rumbaugh y Rumbaugh, 1983; Savage-Rumbaugh *et al.,* 1998).

Aparato fonador y áreas cerebrales del lenguaje

El lenguaje y la comunicación vocal dependen de varias estructuras anatómicas. Una de ellas es el tracto vocal, encargado de la articulación de los sonidos. Las otras son estructuras del cerebro, particularmente del entorno frontal y temporal del hemisferio izquierdo: el área de Broca y el área de Wernicke (figura 1).

El tracto vocal está formado por las cavidades oral y nasal, la laringe, la faringe, el hioides y la tráquea, entre otros elementos anatómicos. La emisión de sonidos –en cuanto a variedad, cantidad y posibilidades de articulación– viene determinada por la morfología y posición relativas de estos elementos.

Aun cuando el chimpancé es capaz de emitir alrededor de 15 vocalizaciones diferentes, no cabe duda de que el ser humano le aventaja con alrededor de 40 vocalizaciones. Ello se debe a una serie de

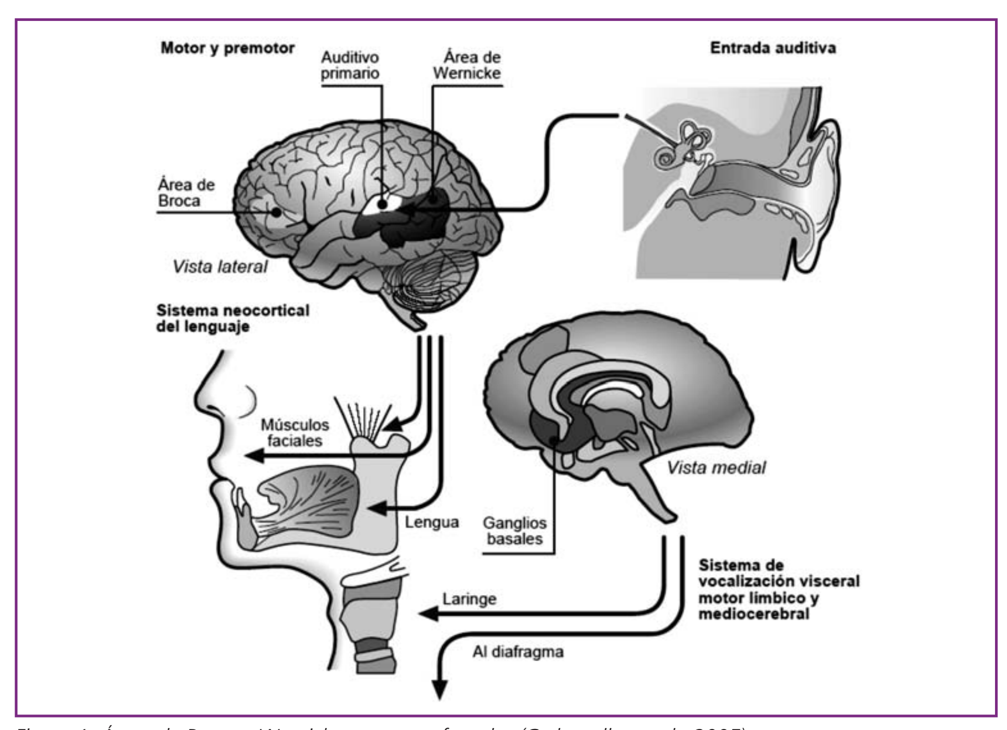


Figura 1. Áreas de Broca y Wernicke y aparato fonador (Carbonell, coord., 2005).

cambios evolutivos en el tracto vocal, que conllevaron el acortamiento de la cavidad oral y el descenso de la laringe, lo que posibilitó que la faringe se estirara y se crearan cavidades resonantes en diferentes lugares, favoreciendo la movilidad de la lengua por toda la cavidad oral. Todo ello revierte en una mayor riqueza en la emisión de sonidos, en su combinación y en su control.

Aparte del tracto vocal, los otros componentes anatómicos implicados en el lenguaje son las áreas cerebrales de Broca y Wernicke. La primera está relacionada, entre otras cosas, con la producción del habla y se encuentra en la zona inferior del lóbulo frontal izquierdo. La segunda se relaciona con la comprensión del lenguaje y está localizada en el lóbulo temporal izquierdo, en contacto con el parietal. La importancia de ambas áreas es tan capital que una afección severa en cualquiera de las dos dificulta o incapacita al paciente, bien para emitir sonidos articulados, bien para comprender los mismos.

Lateralización cerebral, lenguaje, comunicación y lateralidad manual

Las áreas cerebrales de Wernicke y Broca están localizadas en el hemisferio izquierdo del cerebro en la mayor parte de los humanos, sean diestros o zurdos. Sus homólogas en el hemisferio derecho parecen relacionarse con funciones de movimientos delicados de la mano, procesamiento de ruidos del entorno y destreza rítmica y melódica.

Ello ocurre porque el cerebro humano está lateralizado, es decir, presenta una asimetría funcional hemisférica: cada hemisferio procesa la información de forma diferente. Así, el hemisferio izquierdo es secuencial, analítico, verbal e interpretativo, y controla además la percepción y motricidad de la mitad derecha del cuerpo, mientras que el hemisferio derecho controla la mitad izquierda del cuerpo y trabaja integrando información de muy variados ámbitos, sin análisis, holísticamente.

La asimetría funcional cerebral no es exclusiva del ser humano. De hecho, muchos vertebrados presentan lateralización hemisférica, como ciertas especies de cuervos (Izawa *et al.,* 2005), elefantes (Martin y Niemitz, 2003), ratas (Tang y Verstynen, 2002) y ballenas (Clapham *et al.,* 1995). Por tanto, cierta lateralización hemisférica es al menos tan antigua como la aparición de estos vertebrados en la filogenia evolutiva.

En los primates, la asimetría funcional hemisférica es muy notable. El caso humano es el extremo, ya que la asimetría funcional es tan marcada que ha llegado a configurar una asimetría anatómica cerebral, de manera que el hemisferio dominante –usualmente el izquierdo– es algo mayor que el no dominante, generalmente el derecho. Y aún más, una lateralidad funcional cerebral tan notable en el ser humano es lo que ha conducido a su lateralidad manual, es decir, al uso casi exclusivo de una única mano para las tareas de precisión. Esta dominancia manual se observa en más del 95% de la población mundial, de la cual alrededor de un 85% es diestra y el 15% restante, zurda. Hoy por hoy, no se saben las causas de esta proporción, adjudicándole algunos investigadores un origen medioambiental (Provins, 1997) y otros, un origen genético (McManus, 1999).

Por su parte, aunque hay chimpancés más diestros que zurdos y viceversa, suelen ser ambidextros a nivel poblacional (Fletcher y Weghorst, 2005; Marchant y McGrew, 1996; McGrew y Marchant, 2001; McGrew *et al.,* 2003; Mosquera *et al.,* 2007). No obstante, nuestros últimos trabajos señalan que lo determinante es el tipo de acción sobre la que se observa la lateralidad manual. Según nuestros resultados, los chimpancés se lateralizan cuanto más compleja es la tarea a realizar (Llorente *et al.,* 2009, 2010).

En resumen, vemos que un aparato fonador atípico, así como unas áreas cerebrales especializadas en el habla y en la comprensión del lenguaje, son los elementos anatómicos que nos han permitido físicamente a los humanos desarrollar una herramienta de representación y de comunicación tan potente como es el lenguaje. Pero, ¿desde cuándo los homínidos cuentan con estas ventajas vocales y cerebrales?

Evidencias anatómicas indirectas del uso del lenguaje en la evolución humana

De entrada, es necesario tener presente que ni el tracto vocal ni el cerebro fosilizan. Por tanto, los investigadores se han visto obligados a rastrear evidencias anatómicas indirectas que pudieran arrojar algo de luz sobre el tema. Si bien es cierto que ningún órgano blando fosiliza, sí lo hacen los huesos cercanos o en contacto con ellos. En concreto nos referimos al hueso hioides y a los cráneos de homínidos fósiles que alguna vez contuvieron los cerebros hoy no conservados.

El hioides es un hueso situado en la laringe, cuya morfología y posición nos informa sobre la posibilidad y variedad en la vocalización. Por tanto, el estudio de los hioides de especies fósiles puede ayudarnos a desentrañar si pertenecían a individuos con capacidad de vocalizar a nuestro modo. Desgraciadamente, se trata de un hueso muy frágil, por lo que existen muy pocos hioides en el registro paleoantropológico mundial. De ellos, el más antiguo corresponde a una niña *Australopithecus afarensis* de unos 3 años de edad y 3,3 millones de años de antigüedad, procedente del yacimiento de Dikika, en Etiopía (Alemseged *et al.,* 2006). Los investigadores concluyen que este hioides presenta una morfología típica de los grandes antropomorfos africanos, alejándose del tipo humano. En este sentido, podemos descartar que la especie de *Australopithecus afarensis* pudiera articular sonidos en la forma que aun un lenguaje básico lo requiere.

Los siguientes hioides en antigüedad pertenecieron a dos individuos de *Homo heidelbergensis* de la Sima de los Huesos (Atapuerca, Burgos). Según los investigadores, ambos fósiles presentan una morfología moderna, lo que nos indica una capacidad lingüística totalmente desarrollada en estos homínidos europeos de hace alrededor de 500.000 años (Martínez *et al.,* 2008). Estos trabajos han venido a combinarse con otra línea de investigación abierta por los investigadores de este yacimiento, basada en el análisis de las capacidades auditivas de esta especie (Martínez *et al.,* 2004).

Desde luego, si esto es así para esta especie, más aún para sus descendientes, los neandertales europeos, como lo de-

muestran los hioides de Kebara (Israel) (figura 2) (Arensburg *et al.,* 1989) y de la Cueva de El Sidrón, en Asturias (Rodríguez *et al.,* 2002).



Figura 2. Hueso hioides de neandertal de la cueva de Kebara (Israel) (Carbonell, coord., 2005).

En los últimos años, una emergente disciplina ha venido a revolucionar aún más el panorama de las capacidades del neandertal: la genética. Según un estudio recientemente publicado, el gen FOXP2, directamente implicado en la capacidad lingüística, ha sido descubierto en restos de diferentes neandertales europeos (Krause *et al.,* 2007).

Contamos también con las evidencias relativas a las áreas cerebrales implicadas en el lenguaje, las cuales se derivan del estudio de los endocráneos fósiles. Estos suelen mostrar, aunque normalmente de forma muy débil debido a la envoltura de las meninges, las improntas de vasos sanguíneos y el desarrollo de las áreas más externas del córtex cerebral, incluyendo las de comprensión del lenguaje (Wernicke) y de emisión de sonidos (Broca).

Desde hace décadas, los paleontólogos han desarrollado estudios neurocientíficos sobre los endocráneos fósiles. El registro es muy fragmentario, pero hay una serie de caracteres que pueden analizarse. El más común de ellos es el volumen encefálico y el cociente de encefalización que se deriva de él (Falk, 1975, 1985; Falk y Kasinga, 1983; Falk *et al.,* 2000; Holloway, 1970, 1980, 1983, 1996; Holloway *et al.,* 2001; Savage-Rumbaugh y Rumbaugh, 1983; Savage-Rumbaugh *et al.,* 1998; Tobias 1963, 1972, 1974, 1987, 1991, 2004).

Es interesante destacar el notable incremento del volumen encefálico de los primeros *Homo,* el *Homo rudolfensis* más antiguo (KNM-ER 1470, 752 cm^3), respecto a los australopitecinos más antiguos *(Australopithecus afarensis)* (de 343 a 485 cm^3), los más modernos *(Paranthropus boisei,* de 500 a 522 cm^3) y respecto a los chimpancés actuales *(Pan paniscus-Pan troglodytes,* 366 cm^3 de media) (Holloway, 1996). Obviamente, este incremento lleva consigo el incremento en el número de circunvoluciones cerebrales, el aumento del tamaño de los lóbulos cerebrales y la remodelación de la posición de los mismos (Falk, 1985). En este proceso, la lateralización cerebral se acentuó y las áreas de Broca y Wernicke se desarrollaron, como parece demostrarlo el fósil de *Homo rudolfensis* KNM-ER 1470.

No obstante, la interpretación a escala conductual o cognitiva de este fenómeno es compleja. Por una parte, podría ser reflejo exclusivamente de una recién adquirida lateralización manual, necesaria para el surgimiento de la habilidad tecnológica hace alrededor de 2,5 millones de años (Fox, 1995). Por otra, podría estar relacionado con un incipiente uso del lenguaje. Ello estaría favorecido por la ampliación del córtex cerebral y del lóbulo frontal del cerebro, los cuales están también directamente impli-

cados en el comportamiento social y emocional del individuo (Aiello y Dunbar, 1993; Deacon, 1995; Tobias, 1987).

Aparte de KNM-ER 1470, los fósiles KNM-ER 3733 y KNM-ER 3883 (ambos *Homo ergaster)* y SK 1585 *(Paranthropus robustus)* parecen presentar igualmente cierta asimetría cerebral que ha de ser interpretada, bien en función de la manipulación de objetos, bien en la de la comunicación lingüística, o bien en la combinación de ambas (Falk *et al.,* 2000; Holloway, 1996), lo cual puede ser aceptado para el caso de los *Homo ergaster* de alrededor de 1,5 millones de años. Para el otro caso, el del *Paranthropus robustus,* es más dudoso, ya que el reciente descubrimiento del hioides de Dikika –con unas características morfológicas muy cercanas a las del chimpancé– confirma la imposibilidad de un lenguaje articulado por parte del *Australopithecus afarensis* al que perteneció, lo cual, a su vez, puede cuestionar seriamente la posibilidad de que cualquier especie de *Australopithecus,* e incluso *Paranthropus,* hubiera desarrollado un lenguaje.

El aprendizaje

La importancia del aprendizaje en el ser humano es incontestable. En realidad, es importante para cualquier ser vivo, ya que el aprendizaje es el que nos permite modificar hábitos o impulsos de acuerdo a las circunstancias cambiantes. Y la cultura humana descansa fundamentalmente en esto, al tratarse de un cuerpo de conocimientos que se transmiten de individuo a individuo dentro de la comunidad, evitando que cada uno de ellos tenga que averiguar paso a paso lo que muchos otros ya aprendieron.

Todo ello permite que la cultura sea acumulativa, interesantísimo y muy enriquecedor rasgo que no posee ni siquiera la evolución biológica. Los rasgos hiperadaptativos de la cultura son, pues, la ilimitada acumulación de información que soporta, la socialización que favorece y el que haya permitido matizar e incluso cambiar el rumbo de la selección natural.

El aprendizaje implica la existencia de tres elementos: un maestro o demostrador, un aprendiz y una información para transmitir. Esta transmisión puede llevarse a cabo bajo diferentes fórmulas, de las que la exposición, la estimulación, la mímica, la instrucción y la colaboración son unas cuantas. Casi todos los tipos de aprendizaje presentan un rasgo en común muy importante: su imbricación en un entorno social, porque en todos los casos el demostrador o maestro es pieza clave en el aprendizaje, y en cualquier entorno social, maestros o demostradores pueden serlo todos los individuos de la comunidad.

El aprendizaje en otros primates no humanos

Muchos investigadores han trabajado extensivamente sobre el tema del aprendizaje y la transmisión cultural en primates no humanos (Boesch y Tomasello, 1998, 1999; Byrne, 2000; Call y Tomasello, 1998; McGrew *et al.,* 2003; Savage-Rumbaugh *et al.,* 1998).

Para Tomasello, tres son los tipos básicos de aprendizaje social humano: el imitativo, el instructivo y el colaborador. Todos ellos requieren de un factor común: la intencionalidad, según la cual el individuo puede entender las intenciones del otro, y comprender hacia qué fin se dirigen,

todo lo cual para muchos investigadores reside igualmente en la acción de las células espejo (Gallese *et al.,* 1996).

Para comprobar qué diferenciaba el aprendizaje humano del de otros primates, Tomasello y colaboradores llevaron a cabo un experimento muy notable (Nagell *et al.,* 1993; Tomasello *et al.,* 1987). Consistió en poner a prueba la capacidad de imitación de varios chimpancés en cautividad y de niños, cuando un experimentador manejaba una especie de rastrillo con el fin de alcanzar un juguete (para niños) o una fruta (para chimpancés), a cierta distancia de los sujetos. El experimentador realizaba adrede una serie de pruebas manejando el rastrillo con las púas hacia arriba y hacia abajo, de manera que a veces el objeto escapaba entre las púas del rastrillo, mientras que otras el premio era arrastrado por estas. Durante la experimentación, se observó que los niños sólo imitaban los gestos del experimentador, tuvieran o no éxito en los mismos, dado que este podía fallar adrede dependiendo del uso que daba al rastrillo. Por el contrario, los chimpancés no imitaban propiamente dicho al experimentador, sino que lo emulaban, de manera que, una vez visto el uso que este le daba al rastrillo, probaban cada uno de ellos varias formas de uso, con objeto de alcanzar la fruta deseada.

Los resultados de tales experimentos apuntaban en dos direcciones fundamentales: en primer lugar, que los chimpancés tenían mayor porcentaje de éxito que los niños cuando el experimentador erraba adrede. Eran mucho más creativos que los niños, ya que al emular, pero no imitar, soslayaban a menudo las acciones erróneas ejercidas intencionalmente por el experimentador. Por el contrario, los niños solían tener mayor porcentaje de éxito que los chimpancés cuando el experimentador ejercía correctamente los movimientos, ya que así soslayaban los errores que pudieran darse por un uso accidentalmente incorrecto de la herramienta.

Los autores concluían que la emulación es la base del aprendizaje en otros primates y reivindican la importancia de la imitación en el aprendizaje humano, dado su alto potencial para la transmisión cultural de información válida que la comunidad ya sabe y pretende que el aprendiz adquiera sin necesidad de que pruebe una y otra vez, hasta alcanzar los mismos resultados que sus predecesores. Así, podríamos decir que hay cierta dosis de creatividad que va en detrimento del aprendizaje, y cierta dosis de imitación en el aprendizaje que va en detrimento de la creatividad.

En entornos naturales han sido identificados muy pocos casos de aprendizaje instructivo por parte de chimpancés en libertad: en uno de ellos, la madre ralentizó y modificó ligeramente los movimientos que hacía para partir nueces delante de su cría; en el otro, la madre recolocaba la nuez que la cría intentaba partir sobre un yunque (Boesch y Tomasello, 1998).

Finalmente, tenemos el aprendizaje colaborador, tradicionalmente negado en otras especies que no fueran la humana. No obstante, Alicia Melis y colaboradores (Melis *et al.,* 2006) ofrecen el ejemplo de los chimpancés de la Isla de Ngamba, en Uganda, quienes se ayudaban mutuamente para alcanzar el premio. De modo interesante, los resultados del experimento mostraron que ciertos chimpancés estaban más dispuestos a ayudar a los

otros, y que estos individuos eran solicitados con más frecuencia para labores de ayuda. Este comportamiento cooperativo ya ha sido visto en chimpancés en libertad, frecuentemente entre madres y crías y también entre machos adultos, sean cuales sean sus relaciones consanguíneas (De Waal, 2005a).

Que la transmisión cultural existe entre grandes antropomorfos y otros primates es una realidad; lo que está en debate es cómo se da, con qué intensidad y con qué frecuencia. Veamos algunos ejemplos. Tomemos el caso de Imo, una macaco japonesa que se hizo famosa por su inteligencia y astucia. Cuando los investigadores dejaron en la playa unas patatas, Imo destacó desde el principio, porque tras coger una y ver que estaba llena de arena, se fue hacia el agua y la lavó. Imo superó todas las expectativas cuando los investigadores vieron que si le dejaban granos de cereal mezclados con la arena, la macaco cogía un puñado y lo llevaba igualmente al agua, donde la arena se hundía y el grano flotaba, de manera que ya sólo tenía que recogerlos limpiamente con la mano para llevárselos directamente a la boca. Indudablemente, la inteligencia de Imo es sorprendente.

Aunque este comportamiento no era exclusivo de Imo, sería de esperar que una conducta tan sabia se extendiera rápidamente por toda la comunidad. De hecho, tras 2 años de ejecutar esas acciones, los macacos más allegados a Imo comenzaron a realizarlas, tardándose 3 años en total para que tan sólo un 40% del grupo lo hiciera. En el 60% restante hay que incluir a la totalidad de los individuos más viejos de la comunidad, los más reticentes, como en cualquier sociedad humana o no humana, a aceptar cambios en su vida. Es importante recalcar que la velocidad de adquisición del nuevo comportamiento no se aceleró con el incremento de individuos que lo realizaban. Ello tendría un significado fundamental: si el mecanismo de aprendizaje fuera la imitación, conforme un mayor número de individuos lo realizara, mayores oportunidades habría para los nóveles de observar el evento, y, por tanto, más rápidamente se hubiera extendido la adquisición de tal comportamiento.

No obstante, hemos de recalcar otros resultados: cuando se registró el primer lavado de grano fue en 1953; en 1962 la población de macacos ya mostró tres maneras diferentes de realizar esta operación. En 1972 había seis tipos de lavado y en 1983 se registraron ocho. Esto implica que, al margen de la lentitud en la difusión social de las ventajas culturales entre estas poblaciones, se demuestra un claro fenómeno de acumulación informativa y diversificación de opciones a través de los años.

Otro ejemplo de difusión cultural en primates no humanos lo encontramos entre ciertos orangutanes que viven en una región pantanosa de Kluet, en Sumatra. Normalmente, los orangutanes son solitarios, pero los que viven en la región de los pantanos no solamente son sociables, sino que además son los únicos de este género que parecen transmitir ciertas informaciones relativas al acceso a la miel, la selección de las mejores ramitas para hurgar en hormigueros hasta de emitir un ruido que, al parecer, sólo producen inmediatamente antes de irse a dormir, algo así como un "buenas noches" (Van Schaik, 2006). Según los investigadores,

este comportamiento está extendido entre toda la población, variando de comunidad en comunidad, como cualquier tradición humana lo hace.

Como estos, también tenemos las múltiples observaciones de uso de tradiciones para partir nueces, hurgar en termiteros, pescar hormigas y recoger miel, entre otras, por parte de determinados individuos o grupos poblacionales de chimpancés (todo ello puede consultarse en (Boesch y Tomasello, 1998).

Entorno social, flexibilidad conductual y plasticidad cerebral

Lo que todos los investigadores parecen apoyar es que prácticamente no hay aprendizaje si no hay entorno social, y que el incremento de aquel está en función directa del incremento de este. La explicación podría estar en cierta particularidad que presentan todos los mamíferos, especialmente intensificada en el caso de los primates y, excepcionalmente, en el humano: que gran parte de su desarrollo ontogenético (es decir, su desarrollo propio hasta la fase adulta) se lleva a cabo mientras el individuo ya está interactuando con el entorno, ya que existe un largo periodo de desarrollo extrauterino entre su nacimiento y su total desarrollo o madurez: la niñez. Todos los demás géneros y especies parecen pasar de la infancia a la madurez, a través tan sólo de la pubertad.

Como este periodo es extraordinariamente rico en estímulos, cuanto más largo sea en un ámbito social, más se incrementará el potencial del aprendizaje del individuo. La desventaja adaptativa de este largo periodo de inmadurez es que requiere de un constante cuidado y alimentación, pero la ventaja está en que permite al organismo en desarrollo la incorporación de una gran cantidad de conocimientos, el desarrollo de su cognición, sintonizada con el medioambiente social y natural circundante. Esta ventaja es especialmente adaptativa para los humanos, género notablemente flexible a escala ecológica, ya que somos capaces de adaptarnos a hábitats muy diferentes o que varían con cierta rapidez.

En nuestra opinión, la clave de la flexibilidad etológica del ser humano parece radicar ya desde las primeras fases de la evolución humana en la flexibilidad conductual de los homínidos relativa a la dieta y a la adaptación tecnológica (Carbonell, coord., 2005; Carbonell *et al.*, 2008). Cuando el clima comienza a cambiar en la Tierra hace más de 3 millones de años, las enormes selvas tropicales africanas dejaron paso gradualmente a las grandes sabanas, características por ser espacios donde los recursos se dan dispersos y de modo irregular, tanto en el tiempo (estaciones), como en el espacio (recursos diferentes en lugares diversos) (Finlayson, 2004). Los homínidos tuvieron que adaptarse a tal heterogeneidad, y sólo pudieron hacerlo a través de dos vías: una dieta generalista, no especializada, capaz de recuperar energía de casi todo tipo de recursos vegetales y animales, y una cultura más compleja, enfocada entre otras cosas a la plasticidad conductual y al surgimiento y perfeccionamiento tecnológicos que facilitaran el mantenimiento de la dieta generalista, todo ello causa y consecuencia de una incipiente expansión cerebral que, en general, irá en aumento a lo largo de todo el árbol filo-

genético humano (Carbonell, coord., 2005; Carbonell *et al.,* 2008).

La tecnología

La evidencia arqueológica más perenne que existe es la industria lítica: los restos de la fabricación de los instrumentos de piedra que utilizaron los homínidos prehistóricos. Estas evidencias incluyen los restos y los instrumentos, así como los procesos de obtención y gestión de las materias primas, de producción instrumental, de economía gestual, de transporte de útiles entre ocupaciones, etc. Todo ello se estudia a través de la investigación tecnológica.

Son muchos los trabajos en los que puede consultarse cómo son y evolucionaron las industrias líticas de cada periodo del Pleistoceno (para una síntesis, consultar Carbonell, coord., 2005). Por tanto, aquí nos centraremos en todos aquellos aspectos tecnológicos que posean unas implicaciones cognitivas.

Fabricar instrumentos

Fabricar instrumentos supone una capacidad de planificación y de organización contingente o secuencial de acciones, encadenadas de tal manera que finalmente se obtenga el útil deseado. Sin embargo, esta cadena puede ser de muy variada entidad. No es lo mismo elaborar un bifaz como el hallado en la Sima de los Huesos de Atapuerca (figura 3), que fabricar una única lasca con filos cortantes. La elaboración de los instrumentos más complejos requiere de un esquema mental que incluya la representación, la abstracción, del objeto final a obtener; que sopese qué materiales son aptos para tal objetivo y con cuáles se cuenta; que seleccione los cantos o bloques apropiados, y por último, que visualice la secuencia gestual necesaria para modificar tales soportes, reduciendo su masa y volumen, hasta la obtención de la pieza con la morfología y simetría deseadas.



Figura 3. Bifaz de la Sima de los Huesos de Atapuerca (Carbonell, coord., 2005).

Desde este punto de vista, el cerebro del tallador debe de estar continuamente activo en las vías neurales y áreas corticales implicadas en la secuenciación y en la evaluación y toma de decisiones. Como ya vimos en su momento, la capacidad de secuenciación en series largas es una de las características asociadas al área de Broca, situada en el lóbulo frontal izquierdo del cerebro. Por su parte, la evaluación, valoración y toma de decisiones son aspectos esenciales de la cognición compleja humana, cuyo fundamento anatómico cerebral se localiza en el área prefrontal del lóbulo frontal del cerebro, inmediatamente detrás de nuestra frente. Según muchos autores, esta zona es la que ha sufrido un mayor desarrollo durante la evolución humana, muy por encima de lo que cabría esperar para un crecimiento cerebral homogéneo.

Al contrario que los instrumentos muy configurados, la elaboración de útiles simples, como son las lascas con filos cortantes, no tienen ni mucho menos tal complejidad. En realidad, cualquier percusión sobre una materia rocosa puede dar lugar a que el fragmento que salte contenga filos agudos que puedan servir para cortar.

La tecnología más antigua, llamada Olduvaiense, con 2,5 millones de años de antigüedad, se caracteriza a grandes rasgos por la producción de útiles de este último tipo, muy básico, mientras que la del Achelense, con 1,6 millones de años de antigüedad, contiene numerosos elementos que la hacen mucho más compleja, del tipo explicado al principio. La primera fue elaborada por el *Homo habilis/rudolfensis,* mientras que la siguiente, por el *Homo ergaster.*

No obstante su mayor simplicidad, la tecnología Olduvaiense aplica métodos de talla muy organizados, estandarizados y recurrentes, como es el método centrípeto. Por tanto, una vez que estas industrias se generalizan entre las diferentes poblaciones hace unos 2,5 millones de años, ya están estandarizadas. Y la organización y estandarización son parámetros cognitivos que implican la memorización de una secuencia de actos y de una recurrencia en los mismos, así como su formulación, a través de la abstracción, en protocolos de actuación duradera (Delagnes y Roche, 2005).

En un experimento de notable originalidad, los investigadores Dietrich Stout, Nicholas Toth y Kathy Schick estudiaron con tomografías de emisión de positrones (PET) las activaciones neurales que se daban en el cerebro de un experimentado tallador de instrumentos típicos del Olduvaiense, tanto cuando imaginaba cómo tallar los útiles, como cuando los tallaba de hecho (Stout *et al.,* 2000). Los resultados del estudio remarcaban el alto grado de activación de áreas conocidas por su implicación en la cognición espacial compleja, la cual requiere de la integración de diversos aportes sensoriales (visión, tacto y sentido de la posición y movimiento corporal). Es decir, del cerebelo y de las áreas motoras y somatosensoriales del córtex cerebral, situadas en la conjunción entre los lóbulos frontal y parietal. Los investigadores concluyen que la expansión de estas áreas de asociación de primer orden fue particularmente importante en la evolución humana.

Recientemente se está desarrollando una nueva línea de investigación sobre la llamada “memoria operativa”, directamente relacionada con la capacidad tecnológica, planificadora, decisoria e, incluso, simbólica y lingüística del individuo, pero parte integrante de lo que se denomina función ejecutiva de la cognición. La “memoria operativa” reside en la capacidad de representación, de “mantener en mente” un referente sin que se le esté observando en el momento, habilidad ya imprescindible para la producción tecnológica prehistórica (Coolidge y Wynn, 2001, 2005; Martín-Loeches, 2006; Wynn y Coolidge, 2004, 2006).

Los instrumentos

Si los procesos de fabricación de útiles pueden mostrar una evolución, también lo hacen, de hecho, los propios instrumentos. No obstante, pese a que esta evolución ni es lineal, ni afecta a todos y cada uno de los útiles producidos, sí es verdad

que, en general, durante el desarrollo del Pleistoceno Inferior (1.800.000-*c.* 800.000 años) y Pleistoceno Medio (*c.* 800.000-120.000 años), los conjuntos instrumentales van adquiriendo mayor diversidad en tipos y mayor inversión de trabajo en la configuración de sus morfologías y potenciales (figura 4).

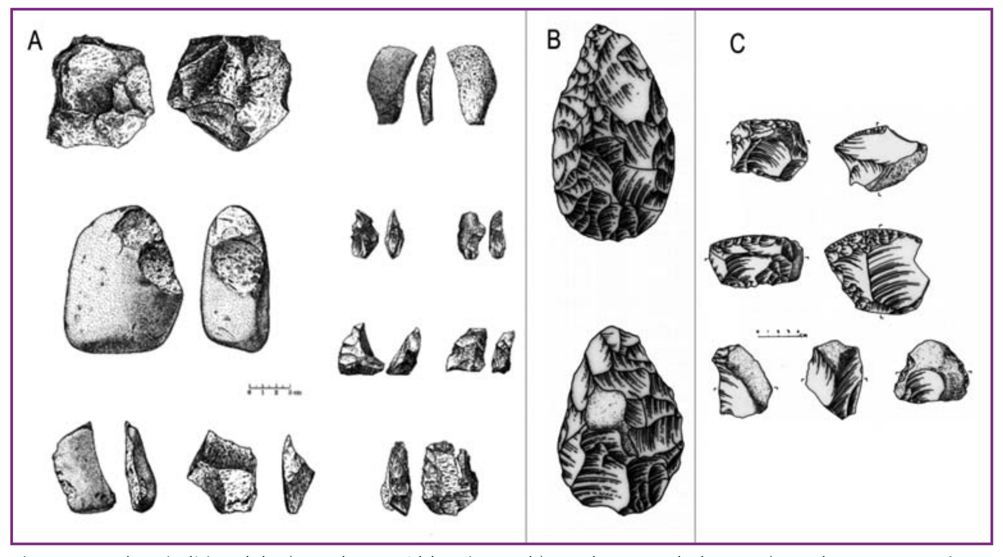


Figura 4. Industria lítica del: a) Modo 1 u Olduvaiense; b) Modo 2 o Achelense; c) Modo 3 o Musteriense (Carbonell, coord., 2005).

Sobre este panorama general, algunos autores han intentado bucear en el estudio técnico de los instrumentos en busca de posibles implicaciones cognitivas reflejadas en su factura. Thomas Wynn y John Gowlett fueron los precursores en formular y defender que existió un gran salto cognitivo entre *Homo habilis/rudolfensis* y *Homo ergaster,* pues la gran diferencia entre las industrias del Olduvaiense y las del Achelense es la adquisición del concepto de simetría (Gowlett, 1986; Wynn, 1981) y la concepción volumétrica (Wynn, 2002), por parte de las segundas.

Otros autores han insistido en la complejidad inherente a la actuación de los homínidos del Pleistoceno Medio avanzado (desde 500.000 años, aproximadamente), quienes contarían con una capacidad de previsión de tipo moderno que les llevaba a fabricar instrumentos antes de necesitarlos, y así evitar imponderables respecto al acceso a materias primas y oportunidad de talla (Kuhn, 1995).

Finalmente, para muchos investigadores toda la complejidad contenida en estos procesos técnicos, secuencias gestuales, control de territorios, mapas mentales, previsión y organización, y, además, su expansión geográfica por varios continentes, todo ello no puede darse sin la ayuda de un lenguaje notablemente complejo (Belfer-Cohen y Goren-Inbar, 1994; Isaac, 1976).

Comportamiento tecnológico y otras especies tecnólogas

Un instrumento es "aquello que sirve de medio para hacer algo o conseguir un fin". Por tanto, fabricar o elaborar un instrumento sería transformar algo para que sirva de medio de cara a conseguir algún fin. Indudablemente, nuestros parientes más cercanos, los chimpancés, son también tecnólogos. Desde los casos en los que rompen varas a las que quitan las pequeñas ramitas de sus superficies, para luego introducirlas en los termiteros, sacarlas llenas de termitas y llevárselas a la boca, pasando por los que rompen nueces, colocándolas encima de un yunque y percutiendo sobre ellas con otra piedra. Todo ello es comportamiento tecnológico.

Se atribuye también un comportamiento tecnológico a otras especies, como los cuervos *(Corvus moneduloides)* de Nueva Caledonia. Al parecer, determinados ejemplares de estas aves son capaces de elegir alambres, curvarlos cada vez más, ensayando en cada momento su aptitud, hasta que finalmente consiguen darles un ángulo apropiado para utilizarlos como ganchos. Con ellos, sacan de una caja un recipiente con alimentos, sólo accesible mediante este método (Kenward *et al.,* 2005; Weir *et al.,* 2002). Este comportamiento, en verdad, es claramente tecnológico, puesto que incluye un componente fundamental del proceso: el ensayo-error.

Simbolismo prehistórico

El simbolismo es una representación de algo realizada mediante un código aceptado por la comunidad. Por tanto, el lenguaje, ya tratado anteriormente, es una de las más claras formas de simbolismo que existen. Pero, aparte del lenguaje, existen otros sistemas simbólicos, todos los cuales implican una enorme complejidad cognitiva. Así, el arte, los ritos y creencias, la ornamentación, la música, el juego, la magia, etc. Sin embargo, en el estudio de la evolución humana sólo nos es posible rastrear algunas de las expresiones de estos sistemas, como son las primeras representaciones artísticas, las más antiguas evidencias de ornamentación y las muestras más tempranas de tratamiento funerario. Este epígrafe está dedicado a estas evidencias y a la reflexión sobre las implicaciones sociales, culturales y cognitivas que se desprenden de ellas.

Arte, decoración y ornamentos

En este apartado trataremos las evidencias artísticas más antiguas o aquellas correspondientes a especies fósiles, las que se sitúan en el Pleistoceno Medio (780.000-120.000 años).

En 1981 se descubría en el yacimiento israelí de Berekhat Ram una figurita de 3,5 centímetros de longitud en roca volcánica que representaba a grandes rasgos a una mujer (Goren-Inbar, 1986, 1995). Al hecho de que el material era tosco y rugoso, se unía que la modificación de la roca era muy somera: se había realizado a través de escasos trazos, incisiones y abrasiones, los cuales no parecían marcar más que ciertos relieves del cuello, hombros, brazos y "peana", aprovechando los relieves naturales de la roca (D'Errico y Nowell, 2000; Marshack, 1997). Tras varios años de intenso debate y análisis de las superficies modificadas, se confirma que se trata, en efecto, de una figura de factura humana. La ya denominada Venus

de Berekhat Ram reposaba en un estrato cuya antigüedad está entre 230.000 y 470.000 años (Feraud *et al.,* 1983), sin que por ahora pueda afinarse más en su cronología, en asociación con un conjunto de industria lítica de bifaces, hendedores y otros instrumentos achelenses (Goren-Inbar, 1985).

En 1999, el arqueólogo alemán Lutz Fiedler descubrió otra figura de unos 6 cm de longitud en los depósitos de terrazas de un río marroquí cercano a la población de Tan Tan. Estos depósitos tienen una antigüedad de entre 300.000 y 500.000 años, sin que, como en el caso de Berekhat Ram, pueda afinarse más en su cronología. Como aquella, la Venus de Tan Tan representa igualmente a una mujer, aunque en este caso la factura humana es más evidente, dada la profundidad y longitud de los trazos e incisiones, los cuales fueron realizados para resaltar las líneas internas de brazos, piernas, abdomen y cuello (Bednarik, 2003).

El descubrimiento de ambas figuras, y especialmente los análisis que permitieron confirmar su factura humana, supusieron algo así como una "revolución" en el ámbito arqueológico, y el consecuente derribo del antiguo paradigma según el cual no existió en especies humanas anteriores a la nuestra la capacidad cognitiva compleja necesaria para la manifestación artística, lo cual, por otra parte, no sería necesariamente cierto, dado que la ausencia de expresión artística puede ser fruto de condicionantes sociales, culturales e históricos, no cognitivos.

No volvemos a encontrar más muestras claras de representaciones figurativas en ningún continente hasta hace menos de 30.000 años. Pero sí se acumulan cada vez más evidencias de expresiones no figurativas, como líneas incisas en huesos, marfil y piedra, de yacimientos como Terra Amata (Francia) y Bilzingsleben (Alemania) (figura 5), ambas con 400.000 y 350.000 años, respectivamente; Oldisleben (Alemania) y Prolom 2 (Crimea, Ucrania), entre 100.000 y 70.000 años, o los musterienses de La Quina, Abri Suard y La Ferrassie (Francia), Cueva Morín y Lezetxiki (España), Bacho Kiro (Bulgaria) y Tagliente (Italia). También en los yacimientos africanos de Klasies River Mouth y Border Cave (Sudáfrica) y en Apollo 11 Cave (Namibia), todos ellos con cronologías correspondientes a la llamada Middle Stone Age africana, grosso modo entre 150.000 y 40.000 años.

Naturalmente, es imposible descifrar si estas líneas grabadas sobre huesos y piedras tuvieron un significado simbólico o fueron reflejo de las primeras inquietudes decorativas de la mente de unos homínidos que, de cualquier forma y en ambos casos, poseían una complejidad cognitiva notable.

Un interés por la decoración es totalmente patente en unos pocos casos de instrumentos líticos con ciertas peculiaridades estéticas, más allá de la maestría en la regularidad, simetría y forma de algunas herramientas. Los casos más antiguos son los de dos bifaces de los yacimientos ingleses de Swanscombe (*c.* 350.000 años) y West Tofts (*c.* 100.000 años) y el francés de Cys-le-Commune (*c.*120.000 años).

Las evidencias arqueológicas incluyen, además, fragmentos de pigmentos naturales que, una vez demostrada su presencia



Figura 5. Hueso de herbívoro con incisiones de Bilzingsleben, Alemania (foto M. Mosquera).

intencional en los yacimientos, pudieron servir para decorar cueros y pieles, incluida la humana. Son los casos de los fragmentos de ocre de la cueva de Wonderwork (Sudáfrica) (entre 420.000 y 260.000 años de antigüedad), las 70 piezas de ocre del yacimiento GnJh-15 de la Formación Kapthurin (Kenia), con 285.000 años de antigüedad (McBrearty, 2001), los más de 300 fragmentos de pigmentos variados de Twin Rivers (Zambia), con una edad entre 270.000 y 170.000 años (Barham, 2002) y los dos fragmentos de ocre con grabados geométricos procedentes de la cueva de Blombos (Sudáfrica), de más de 70.000 años de antigüedad (D'Errico *et al.,* 2001). En Eurasia, la presencia de pigmentos es mucho más tardía, correspondiendo a algunos ejemplares hallados en los enterramientos neandertales de La Chapelle-aux-Saints (*c.* 50.000 años) y La Ferrassie (entre 70.000 y 40.000 años) (Francia), y a los enterramientos de humanos anatómicamente modernos de Qafzeh (*c.*100.000 años) (Israel).

Contamos, además, con los casos de varios posibles colgantes, piezas con perforaciones intencionales. Se trata de un diente de lobo y un fragmento de hueso en el yacimiento austriaco de Repolusthöhle (*c.* 300.000 años de edad) y los tres fragmentos de huevos de avestruz perforados del yacimiento libio de Wadi el Adjal (200.000 años) y Apollo 11 (Namibia) (80.000 años). Pero indudablemente, el yacimiento que más objetos decorativos y artísticos ha ofrecido es la cueva de Blombos (Sudáfrica) (Henshilwood *et al.,* 2004), con más de 70.000 años, donde recientemente se hallaron 41 conchas de caracol perforadas de indudable factura humana.

Por último, queremos remarcar la existencia de un elemento decorativo muy interesante procedente del yacimiento húngaro de Tata. Se trata de un fósil de numulites con una incisión natural, al que un neandertal le practicó otra incisión, formando con ello un aspa, hace aproximadamente 100.000 años (Schwarcz y Skoflek, 1982). El objeto,

pese a sus pequeñas dimensiones, ha sido considerado el primer amuleto sensu stricto de la Prehistoria.

Enterramientos: el simbolismo por excelencia

Sin lugar a dudas, el enterramiento es una de esas prácticas con una mayor carga social y simbólica. Enterrar a los muertos es algo familiar, porque reconocemos y comprendemos que está implicado el mismo entorno afectivo, sea quien sea el que lo realice. Es una práctica que sugiere complejidades comprensibles sin que medie la razón, y por eso, quizá, nos resulta tan emotivo el hecho de reconocerla en un pasado remoto.

Pero, ¿por qué enterramos a los muertos? El enterramiento es el intento de preservación de los cadáveres, asegurando la profilaxis y evitando la destrucción. Es decir, por una parte, aísla a la comunidad viva del foco de infección que suponen los cadáveres en descomposición, y en segundo lugar, evita que estos sean consumidos por los carroñeros o destruidos por los agentes naturales, logrando su preservación el mayor tiempo posible.

No todos los ritos funerarios tienen un sentido religioso. En muchos casos, se trata de ideas cosmogónicas y en otros, simplemente, del respeto a los muertos, y del deseo de mantener cerca a los individuos que apreciamos cuando estaban vivos. Existen múltiples formas de respeto, homenaje y preservación del valor de los muertos, como el canibalismo ritual –que no es otra cosa que la transmisión por consumo de los valores o poderes de otra persona–, o rituales en los que se suspende el cadáver de los árboles, se lo quema en piras funerarias, o se lo envía río abajo en balsas especiales. Con el paso del tiempo pocas huellas quedarán de la mayor parte de estos rituales llevados a cabo al aire libre. De hecho, en términos arqueológicos, no hay forma de reconocer este tipo de rituales en periodos tan antiguos como el Pleistoceno, ni siquiera su propia existencia, porque no se han preservado las evidencias. Sólo podrán conservarse trazas de aquellos casos en los que el ritual incluyera el enterramiento de los cuerpos o de los huesos. Por tanto, es muy probable que estemos perdiendo la mayor parte de las trazas simbólicas funerarias de la Prehistoria.

Hoy por hoy, la muestra más antigua de simbolismo mortuorio podríamos tenerla en la Sima de los Huesos de Cueva Mayor, en la Sierra de Atapuerca (Burgos). Este yacimiento constituye la colección más completa que existe de fósiles de *Homo heidelbergensis* europeo del Pleistoceno Medio, datados en unos 500.000 años de antigüedad (Arsuaga *et al.,* 1997). El registro humano está compuesto por los fósiles de un número mínimo de 28 individuos, hombres y mujeres, así como por un magnífico bifaz de cuarcita, único ejemplar de industria lítica del yacimiento (ver figura 3). El análisis pormenorizado del conjunto ha llevado a algunos investigadores, entre los que me encuentro, a sugerir que se trata de la deposición intencional a lo largo del tiempo de los cadáveres de casi una treintena de individuos, lanzados a la Sima según morían, acumulación a la que se sumaría la igualmente intencional deposición de un magnífico bifaz elaborado cuidadosamente, quizá como seña de identidad, quizá como señal de respeto (Carbonell *et al.,* 2003).

Sin embargo, el de la Sima de los Huesos no es un caso de enterramiento propiamente dicho. El primer enterramiento del que se tiene constancia parece corresponder a una mujer neandertal de unos 30 años de edad, depositada probablemente en una fosa a la entrada de la cueva de Tabún, en Israel. Aunque no hay unanimidad, la mayor parte de las dataciones arrojan una edad cercana a los 100.000 años de antigüedad. El cadáver fue depositado boca arriba, con la cabeza hacia el este y los pies hacia el oeste, y con cierta flexión del brazo izquierdo y de las rodillas, posición y flexiones que se repiten en los enterramientos más tardíos y que nos indican la existencia de unas creencias y rituales de los que desconocemos el significado.

Los siguientes enterramientos en el tiempo datan de una antigüedad indefinida entre 80.000 y 120.000 años. Corresponden a 10 humanos modernos de la cueva de Skhul y a 13 de la cueva de Qafzeh, ambas también en Israel. El conjunto de Skhul lo forman tres niños y siete adultos de ambos sexos, mientras que en el de Qafzeh sólo fue posible determinar la presencia de cinco niños, un adolescente y cinco adultos. Todos ellos fueron depositados en fosas y muchos de ellos en posiciones más o menos flexionadas.

Más tardíos que estos son los enterramientos neandertales de Dederiyeh (Siria), Amud y Kebara (Israel), con edades posteriores a 75.000 años. En el caso de Dederiyeh se trata de dos niños menores de 6 años. En Amud hay enterrados cinco neandertales, tres adultos y dos niños, y en Kebara, otros dos: un adulto y un bebé. También posteriores a 50.000 años son los nueve neandertales enterrados en Shanidar (Irak), entre los que se cuentan siete adultos, un niño y un bebé.

En Europa, los enterramientos más antiguos corresponden a los ocho neandertales de la cueva de La Ferrassie (*c.* 70.000 años). En la franja entre 60.000 y 40.000 años parecen situarse todos los demás casos, todos ellos neandertales, que incluyen los dos individuos de Le Moustier, el de La Quina, La Chapelle-aux-Saints, Le Régourdou, Le Roc-de-Marsal y Le Roche-à-Pierrot, todos en Francia, así como los dos belgas de Spy. Finalmente, el llamado grupo del este europeo, formado por los dos enterramientos neandertales de Kiik-Koba y Staroselje (Crimea) y el de Techik Tach (Uzbekistán). Todos ellos son niños, a excepción de un adulto en Kiik-Koba.

Como hemos visto, los ejemplos más antiguos comienzan a darse hace alrededor de 100.000 años. Muchos de ellos corresponden a neandertales y otros a los primeros humanos anatómicamente modernos, pero lo que hoy por hoy parece claro es que se trata de una práctica que parece tener su origen en la zona del Próximo Oriente. No obstante, por ahora no tenemos suficientes datos para decidir cuál de las dos poblaciones fue artífice de su “invención”. Todos estos enterramientos ofrecen una información de un valor incalculable, quizá porque para un humano, sea cual sea su especie, no existe nada más intenso en el plano emocional que la muerte. En todos ellos están representados los adultos, pero especialmente lo están los niños entre los neandertales, lo que parece indicar que este segmento de la población era especialmente apreciado por estas comunidades.

Son muchas las evidencias que apuntan a ritos, rituales o creencias asociadas a estos enterramientos, como las posibles ofrendas o las propias posiciones y flexiones de los cuerpos. De ello, podremos tener una cierta certeza, pero jamás alcanzaremos a conocer el significado. En palabras de Reichel-Dolmanoff al describir el entierro de una joven india Kogi de Sierra Nevada: "Los ritos y, sobre todo, la ideología religiosa no serán recuperables cuando únicamente queden los restos" (Reichel-Dolmanoff, 1966).

Agradecimientos

La autora agradece a A. Marshack y A. Ollé la cortesía por el permiso de uso de sus fotografías y a D. Mania por el permiso para fotografiar el hueso con incisiones de Bilzingsleben. Este trabajo ha sido posible gracias a los proyectos del MICINN HAR2009-07223/HIST) y de la Universitat Rovira i Virgili (2009AIRE-05).

Bibliografía recomendada

Aiello L, Dunbar RIM. Neocortex size, group size and the evolution of Language. Current Anthropology 1993; 34(2):184-93.

Alemseged Z, Spoor F, Kimbel WH, Bobe R, Geraads D, Reed D, Wynn JG. A juvenile early hominin skeleton from Dikika, Ethiopia. Nature 2006; 443:296-301.

Arensburg B. Tillier AM, Vandermeersch B, Duday H, Schopartz H, Rak Y. A middle paleolithic human hyoid bone. Nature 1989; 338:758-60.

Arsuaga JL, Bermúdez de Castro JM, Carbonell E (Eds.). The Sima de los Huesos Hominid Site. Journal of Human Evolution 1997; 33(2/3 Special Issue):105-421.

Barham L. Systematic Pigment Use in the Middle Pleistocene of South-Central Africa. Current Anthroplogy 2002; 43(1):181-90.

Bednarik RG. A Figurine form the African Acheulian. Current Anthroplogy 2003; 44(3):405-38.

Belfer-Cohen A, Goren-Inbar N. Cognition and communication in Levantine Lower Palaeolithic. World Archaeology 1994; 26(2):144-57.

Boesch C, Tomasello M. Chimpanzee and Human Cultures. Current Anthropology 1998; 39:591-614.

Byrne RW. Evolution of Primate Cognition. Cognitive Science 2000; 24(3):543-70.

Call J, Tomasello M. Distinguishing intentional from accidental actions in orangutans (Pongo pygmaeus), chimpanzees (Pan troglodytes), and human children (Homo sapiens). Journal of Comparative Psychology 1998; 112(2): 192-206.

Carbonell E, Mosquera M, Ollé A, Rodríguez XP, Sala R, Vergès JM, Arsuaga JL, Bermúdez de Castro JM. Les premieres practiques funéraires auraient-ils pris place à Atapuerca, il y a 350.000 ans? L'Anthropologie 2003; 107(1):1-14.

Carbonell E, Rodríguez XP, Sala R, Van der Made J, Lorenzo C, Mosquera M, Vaquero M, Rosell J, Vallverdú J, Burjachs F, Hortolà P. Homínidos: Las primeras ocupaciones de los continentes. E. Carbonell, Coord. Barcelona: Ariel Ed, 2005; 780 pp.

Carbonell E, Mosquera M, Rodríguez XP, Bermúdez de Castro JM, Burjachs F, Rosell J, Sala R, Vallverdú J. Eurasian Gates: The Earliest Human Dispersals. Journal of Anthropological Research 2008; 64(1):195-228.

Clapham PJ, Leimkuhler E, Gray BK, Mattila DK. Do humpback whales exhibit lateralized behaviour? Animal Behaviour 1995; 50:73-82.

Coolidge FL, Wynn T. Executive functions of the frontal lobes and the evolutionary ascendancy of Homo sapiens. Cambridge Archaeological Journal 2001; 11(2):255-60.

Coolidge FL, Wynn T. Working Memory, its Executive Functions, and the Emergence of Modern Thinking. Cambridge Archaeological Journal 2005; 15(1):5-26.

D'Errico F, Nowell A. A new look at the Berekhat Ram figurine: implications for the origins of symbolism. Cambridge Archaeological Journal 2000; 10(1):123-67.

D'Errico F, Henshilwood C, Nilssen P. An engraved bone fragment from c. 70 000-year-old Middle Stone Age levels at Blombos Cave, South Africa: implications for the origin of symbolism and language. Antiquity 2001; 75:309-18.

De Waal FBM, Lasting F. Bonobo: The Forgotten Ape. Berkeley: University of California Press; 1997.

De Waal FBM. A century of getting to know the chimpanzee. Nature 2005a; 437:56-9.

De Waal FBM. Our Inner Ape. New York: Riverheand Books, 2005b.

Deacon TW. The Brain and Language. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1995; 109-44.

Delagnes A, Roche H. Late Pliocene hominid knapping skills: The case of Lokalalei 2C, West Turkana, Kenya. Journal of Human Evolution 2005; 48:435-72.

Falk D. Comparative anatomy of the larynx in man and the chimpanzee: implications for language in Neanderthal. American Journal of Physical Anthropology 1975; 43(1):123-32.

Falk D, Kasinga S. Cranial capacity of a female robust australopithecine (KNM-ER 407) from Kenya. Journal of Human Evolution 1983; 12:515-18.

Falk D. Hadar AL 162-28 endocast as evidence that brain enlargments preceded cortical reorganization in hominid evolution. Nature 1985; 313:45-7.

Falk D, Redmond JC, Guyer JJ, Conroy C, Recheis W, Weber GW, Seidler H. Early hominid brain evolution: a new look at old endocasts. Journal of Human Evolution 2000; 38(5):695-717.

Feraud G, York D, Hall CM, Goren-Inbar N, Schwarcz H. 40Ar/39Ar age limit for an Acheulian site in Israel. Nature 1983; 304:263-5.

Finlayson C. Cognitive Capacity and its outward expression: Pleistocen hominids across a space-time mosaic of opportunity. Gibraltar, Museo de Gibraltar, 2004; 1-18.

Fletcher AW, Weghorst JA. Laterality of hand function in naturalistically housed chimpanzees (Pan troglodytes). Laterality 2005; 10(3):219-42.

Fox PT. Broca's area: Motor encoding in somatic space. Behavioral and Brain Sciences 1995; 59:135-59.

Gallese V, Fadiga L, Fogassi L, Rizzolatti G. Action recognition in the premotor cortex. Brain 1996; 119:593-609.

Goren-Inbar N. The lithic assemblages of Berekhat Ram Acheulian site, Golan Heights. Paléorient 1985; 11:7-28.

Goren-Inbar N. A figurine from the Acheulian site of Berekhat Ram. Mi-te kufat ha-even 1986; 19:7-12.

Goren-Inbar N. Additional remarks on the Berekhat Ram figurine. Rock Art Reseasrch 1995; 12(2):131-2.

Gowlett JAJ. Culture and conceptualisation - the Oldowan-Acheulean gradient. Stone Age Prehistory: studies in memory of Charles McBurney. G. N. Bailey and P. Callow. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1986; 243-60.

Henshilwood C, D'Errico F, Vanhaeren M, Van Niekerk K, Jacobs Z. Middle Stone Age Shell Beads from South Africa. Science 2004; 304:404.

Holloway R. Australopithecine endocast (Taung Specimen, 1924): a new volume determination. Science 1970; (168):966-8.

Holloway R. Indonesian Solo (Ngandong) endocast reconstructions: some preliminary observations and comparisons with Neanderthal and Homo erectus groups. American Journal of Physical Anthropology 1985; 53:285-95.

Holloway R. Cerebral brain endocast pattern of Australopithecus afarensis hominid. Nature 1983; 303:420-2.

Holloway R. Evolution of the Human Brain. Handbook of Human Symbolic Evolution. E. A.

Lock & Ch. R. Peters. Oxford: Clarendon Press, 1996; 74-116.

Holloway R, Broadfield DC, Yuan MS. The Parietal Lobe in Early Hominid Evolution: Newer Evidence from Chimpanzee Brains. Humanity from African Naissance to Coming Millennia, 2001.

Isaac G. Stages of cultural elaboration in the Pleistocene: possible archaeological indicators of the development of language capabilities. The Archaeology of Human Origins. E. B. Isaac. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1976.

Izawa E-I, Kusayama T, Watanabe S. Foot-use laterality in the Japanese jungle crow (Corvus macrorhynchos). Behavioural Processes 2005; 69(3):357-62.

Kenward B, Weir ASS, Rutz C, Kacelnik A. Tool manufacture by naive juvenile crows. Nature 2005; 433:121.

Krause J, Lalueza-Fox C, Orlando L, Enard W, Green RE, Burbano HA, Hublin J-J, Hänn C, Fortea J, De la Rasilla M, Bertranpetit J, Rosas A, Pääbo S. The Derived FOXP2 Variant of Modern Humans Was Shared with Neandertals. Current Biology 2007; 17(21):1.908-12.

Kuhn SL. Mousterian Lithic Technology: an Ecological Perspective. New Jersey: Princeton Univ. Press, 1995; 209 pp.

Marchant LF, McGrew WC. Laterality of limb function in wild chimpanzees of Gombe National Park: Comprehensive study of spontaneous activities. Journal of Human Evolution 1996; 30:423-43.

Marshack A. The Berekhat Ram figurine: a late Acheulean carving from the Middle East. Antiquity 1997; (71):327-37.

Martín-Loeches M. On the uniqueness of humankind: is language working memory the final piece that made us human? Journal of Human Evolution 2006; 50:219-22.

Martin F, Niemitz, C. Right-trunkers and left-trunkers: side preferences of trunk movements in wild asian elephants (Elephas maximus). Journal of Comparative Psychology 2003; (117):4.

Martínez I, Rosas A, Arsuaga JL, Jarabo P, Quam R, Lorenzo C, Gracia A, Carretero JM, Bermúdez de Castro JM, Carbonell E. Auditory capacities in Middle Pleistocene humans from the Sierra de Atapuerca in Spain. Procedings of the Natural Academy of Sciences 2004; 101(27):9.976-81.

Martínez I, Arsuaga JL, Quam R, Carretero JM, Gracia A, Rodríguez L. Human hyoid bones from the middle Pleistocene site of the Sima de los Huesos (Sierra de Atapuerca, Spain). Journal of Human Evolution 2008; 54:118-24.

McBrearty S. The Middle Pleistocene of East Africa. Human Roots: Africa and Asia in the Middle Pleistocene. L. B. a. K. Robson-Brown. Bristol: Western Academic and Specialist Press, 2001; 81-92.

McGrew WC, Marchant LF. Ethological study of manual laterality in the chimpanzees of the Mahale mountains, Tanzania. Behavioural Processes 2001; 138:329-58.

McGrew WC, Baldwin PJ, Marchant LF, Pruetz JD, Scott SE, Tutin CEG. Ethoarchaeology and Elementary Technology of Unhabituated Wild Chimpanzees at Assirik, Senegal, West Africa. PaleoAnthropology 2003; 05-02:1-20.

McManus IC. Handedness, cerebral lateralization, and the evolution of language. . The descent of mind: Psychological perspectives on hominid evolution. M. C. C. S. E. G. Lea. Oxford: Oxford university Press, 1999.

Melis AP, Hare B, Tomasello M. Chimpanzees Recruit the Best Collaborators. Science 2006; 311:1.297-1.300.

Mosquera M, Llorente M, Riba D, Lorenzo C, Carbonell E, Feliú O. Ethological study of manual laterality in naturalistic housed chimpanzees (Pan troglodytes) from the Mona Foundation Sanctuary (Girona, Spain). Laterality 2007; 12(1):19-30.

Nagell K, Olguin RS, Tomasello M. Processes of social learning in the tool use of Chimpanzees (Pan troglodytes) and Human children (Homo sapiens). Journal of Comparative Psychology 1993; 107(2):174-86.

Provins KA. Handedness and speech: A critical appraisal of the role of genetic and environmental factors in the cerebral lateralization of

function. Psychological Review 1997; 104:554-71.

Reichel-Dolmanoff. Enterramiento de una joven india Kogi, Sierra Nevada, Sta. Marta, Columbia, 1966.

Rodríguez L, Egocheaga JE, Cabo L. Breve Nota sobre el Hioides neandertalense de El Sidrón (Piloña, Asturias). Antropología y Biodiversidad. A. M. y. R. N. M. P. Aluja, Universidad de Barcelona, 2002; 480-9.

Savage-Rumbaugh S, Rumbaugh DM. The emergence of language. Tools, language and cognition in human evolution. K. R. G. T. Ingold. Cambridge: Cambridge University Press, 1983; 86-108.

Savage-Rumbaugh S, Shanker SG, Taylor TJ. Apes, language, and the human mind. Oxford: Oxford Univ. Press, 1998.

Schwarcz H, Skoflek I. New dates for the Tata, Hungary archaeological site. Nature 1982; 295:590-1.

Seyfarth RM, Cheney DL, Merler P. Vervet monkey alarm calls: semantic communication in a free-ranging primate. Animal Behaviour 1980; 28:1.070-94.

Stout D, Toth N, Schick K. Stone Tool-Making and Brain Activation: Positron Emission Tomography (PET) Studies. Journal of Archaeological Science, 2000.

Tang AC, Verstynen T. Early life environment modulates ‘handedness’ in rats. Behavioral and Brain Sciences 2002; 131:1-7.

Tobias PV. Cranial capacity of Zinjanthropus and the other australopithecines. Nature 1963; 197:743-6.

Tobias PV. Dished faces, brain size and early hominids. Nature 1972; 239:468-9.

Tobias PV. Taxonomy of the Taung skull. Nature 1974; 252:85-6.

Tobias PV. The brain of Homo habilis: a new level of organization in cerebral evolution. Journal of Human Evolution 1987; 16:741-61.

Tobias PV. Olduvai Gorge. The Skull, Endocasts and Teeth of Homo habilis. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

Tobias PV. Encore Olduvai. Science 2004; 299:1.193-4.

Tomasello M, Davis-Dasilva M, Camak L, Bard K. Observational learning of tool-use by young chimpanzees. Human Evolution 1987; 2:175-83.

Tomasello M, Call J. Primate cognition. New York: Oxford University Press, 1997.

Tomasello M. The Cultural Origins of Human Cognition. Harvard: Harvard Univ. Press, 1999; 248 pp.

Tomasello M, Hare B, Agneta B. Chimpanzees, Pan troglodytes, follow gaze direction geometrically. Animal Behaviour 1999; 58:769-77.

Van Schaik CP. Why Are Some Animals So Smart? Scientific American 2006; 294(4):64-71.

Weir ASS, Chappell J, Kacelnik A. Shaping of Hooks in New Caledonian Crows. Science 2002; 297:981.

Wynn T. The intelligence of Oldowan hominids. Journal of Human Evolution 1981; (10):529-41.

Wynn T. Archaeology and cognitive evolution. Behavioral and Brain Sciences 2002; 25(3):389-438.

Wynn T, Coolidge FL. The expert Neandertal mind. Journal of Human Evolution 2004; 46:467-87.

Wynn T, Coolidge FL. The effect of enhanced working memory on language. Journal of Human Evolution 2006; 50:230-1.

Evolución y creatividad

Dr. Ignacio Martínez Mendizábal

Si existiese (tal vez exista) una civilización extraterrestre interesada en el conocimiento de los planetas con vida, es posible que hubiera decidido dedicar algún tiempo y recursos al estudio de nuestro mundo. Seguramente, dada la naturaleza histórica del fenómeno de la vida, los científicos alienígenas habrían diseñado y establecido un plan de estudio basado en visitas periódicas a la Tierra.

La frecuencia de dichas inspecciones es una decisión de la mayor importancia, pues si las visitas se espaciasen mucho podría perderse información capital sobre los sucesos ocurridos en los intervalos sin observación, mientras que si los viajes de estudio se realizaran demasiado a menudo, podría ocurrir que la mayoría de las veces se encontrasen con que no había pasado nada trascendente. Podemos imaginar que nuestros hipotéticos extraterrestres son tan rigurosos en su trabajo, a la vez que cuentan con los suficientes medios, como para repetir sus viajes de estudio con una gran frecuencia. Digamos, cada 5 millones de años. Aunque desde la perspectiva temporal humana 5 millones de años es muchísimo tiempo, desde el punto de vista de la historia de la vida 5 millones de años son un pestañeo.

Habrían empezado a venir hace unos 3.600 millones de años, cuando comprobaron que la vida ya había aparecido en el planeta. En sus 720 visitas a la Tierra, nuestros curiosos y tenaces visitantes asistieron a los principales acontecimientos de la historia de la vida, registrando cuidadosamente todo tipo de datos relevantes y aprendiendo sobre el proceso evolutivo que se viene desarrollando en nuestro mundo desde que la vida se originó en la Tierra. Vinieron por última vez hace 5 millones de años exactamente y ahora han vuelto de nuevo… para llevarse una sorpresa mayúscula. El planeta está densamente poblado por una extraña criatura capaz de iluminar la noche.

La extraña criatura somos nosotros, las personas. Nada hay en nuestra anatomía que justifique ese título. Aunque bípedos, de cuerpo lampiño, enorme cabeza y hocico muy reducido, los humanos somos claramente uno más entre el resto de los primates. No, lo que nos hace únicos en un mundo repleto de criaturas fascinantes es nuestro comportamiento. Especialmente, aquella parte de nuestro comportamiento que nos ha permitido ser la única especie del planeta capaz de volar, vivir tanto en la superficie terrestre como bajo el agua y habitar en todas las latitudes y medios.

Además, somos los únicos animales que formamos grupos integrados por miles de individuos, dotados cada uno de ellos de una elevada creatividad, de autoconciencia y que, aunque no sean consanguíneos, cooperan intensamente entre sí hasta el punto de sacrificarse en aras del bien colectivo.

Frenéticamente, nuestros hipotéticos extraterrestres realizan numerosas observaciones sobre el insólito animal y las co-

tejan con sus bases de datos. Y aunque los resultados de los estudios de anatomía, fisiología y genética comparadas no dejan lugar a dudas de que se trata de un primate, pariente muy cercano de otros que todavía viven en los bosques del continente africano, es muy difícil imaginar cómo ha podido originarse en tan poco tiempo, apenas 5 millones de años, una especie tan distinta de las demás que habitan el planeta.

Terriblemente defraudados por no haber asistido al origen de una criatura tan insólita, y con la amarga sensación de haberse perdido el episodio más interesante de la historia de la vida en el planeta, los extraterrestres de nuestro relato deciden abandonar para siempre nuestro mundo.

A diferencia de los entristecidos extraterrestres de nuestro cuento, las personas sí sabemos rastrear las huellas de la historia de nuestro mundo y de sus criaturas. Sabemos que nuestro mundo atesora sus recuerdos y conocemos dónde buscarlos. Los llamamos fósiles.

Esta es la historia que nos cuenta la memoria del planeta sobre una criatura realmente extraordinaria. Nuestra propia historia.

En la actualidad, disponemos de un conjunto de fósiles de homínidos que llegan hasta los 7 millones de años. Estos nuevos fósiles han sido atribuidos a cinco especies distintas, correspondientes a cuatro géneros: *Sahelanthropus tchadensis* (de entre hace 6 y 7 millones de años), *Orrorin tugenensis* (de hace entre 6,2 y 5,6 millones de años), *Ardipithecus kadabba* (de hace entre 5,2 y 5,8 millones de años), *Ardipithecus ramidus* (de hace 4,4 millones de años) y *Australopithecus anamensis* (de hace entre 4,2 y 3,9 millones de años).

El hallazgo, en el centro del continente africano (en la República del Chad), de los restos fósiles más antiguos atribuidos a un homínido *(Sahelanthropus tchadensis)* ha puesto en duda el origen esteafricano de los homínidos, algo que parecía claro hasta ese momento. Entre otros rasgos, los autores del hallazgo afirman que el foramen mágnum (el orificio por el que la médula espinal entra en el cráneo) del único cráneo conocido de esta especie ya muestra el adelantamiento, relacionado con la locomoción bípeda, que es característico de los homínidos. Sin embargo, otros especialistas no están de acuerdo con esta afirmación y opinan que la morfología de la base del cráneo de *Sahelanthropus* es más parecida a la de los gorilas.

Otros fósiles asimismo problemáticos son los ardipitecos *(A. kadabba* y *A. ramidus).* En este caso, la disputa se centra, fundamentalmente, en su tipo de locomoción. Los científicos que los estudian han defendido que eran bípedos, a partir de la morfología de uno de los huesos de un dedo del pie en *A. kadabba.* El estudio de un esqueleto parcial de *A. ramidus,* familiarmente conocido como "Ardi", ha puesto de manifiesto la existencia de un patrón evolutivo intermedio entre un primate trepador y otro plenamente bípedo. Parece bien establecido que los ardipitecos serían habitantes de los bosques lluviosos, donde llevarían una vida similar a la de los actuales chimpancés, aunque se desplazarían por el suelo mediante un tipo primitivo de locomoción bípeda.

Es muy interesante destacar que en los ardipitecos ya había comenzado el proceso

de reducción en el tamaño de los caninos, especialmente los de los machos, que caracteriza a los homínidos. Puesto que el tamaño de los caninos está fuertemente correlacionado con el grado de conflictividad entre los machos, su reducción en nuestro linaje indica una marcada disminución en la competencia entre los machos y un notable aumento en su cooperatividad.

A partir de los 4 millones de años, el registro fósil de los homínidos es mucho más rico y las especies representadas en él son mucho mejor conocidas (aunque de algunas, como *Australopithecus barhelgazhali* y *Kenyanthropus platyops,* aún se conocen demasiados pocos fósiles como para situarlas razonablemente en el árbol de la evolución humana). Todas ellas fueron bípedas, con cerebros y cuerpos de un tamaño similar al de los actuales chimpancés. También eran parecidos a los chimpancés en otros muchos aspectos, tales como las proporciones entre los miembros, la duración del desarrollo y, muy especialmente, las capacidades cognitivas: no parece que fueran capaces de hablar, ni de elaborar herramientas de piedra (aunque los restos conocidos de *Australopithecus garhi* aparecieron asociados a huesos de animales con marcas de descarnamiento, lo que ha llevado a algunos autores a proponer que esta especie sería la pionera en la talla de la piedra).

Para la mayoría de autores, la especie *Australopithecus afarensis,* cuyos fósiles se han encontrado en yacimientos etíopes y tanzanos de una antigüedad de entre hace alrededor de 3,8 y 3 millones de años, marca el comienzo de la diversificación de los homínidos en dos grandes linajes.

Por un lado, el género *Paranthropus* (en adelante, parántropos) que cuenta con tres especies, *Paranthropus aethiopicus, Paranthropus robustus* y *Paranthropus boisei.* Los parántropos se caracterizan por el desarrollo del aparato masticador, que se adapta al procesado de alimentos vegetales coriáceos, cada vez más dominantes en ambientes progresivamente más secos.

La otra estirpe es la nuestra, los humanos, englobados en el género *Homo*. Aunque la taxonomía de nuestro género es objeto de debate en la actualidad, la mayor parte de los autores reconoce, al menos, nueve especies en su seno: *Homo habilis, Homo rudolfensis, Homo ergaster, Homo erectus, Homo antecessor, Homo heidelbergensis, Homo neanderthalensis, Homo sapiens* y, la última en ser descubierta, *Homo floresiensis.*

De todas ellas, *H. habilis* parece ser la primigenia y la única exclusivamente africana. Su cerebro era significativamente mayor que el de sus antepasados no humanos, aunque el tamaño y proporciones corporales seguían siendo muy similares a los de australopitecos y parántropos. Fue esta especie la inventora de la talla de la piedra y está asociada a un modo tecnológico muy sencillo denominado Olduvayense, o Modo 1. La aparición del Modo 1 supone el origen de un novedoso modelo de evolución, inédito en la historia de la vida hasta ese momento. Se trata de la evolución cultural, basada, en primer lugar, en la capacidad de los individuos de idear soluciones ante los diferentes problemas que afectan a su supervivencia. La talla de la piedra marca la aparición de una de las más notables ca-

racterísticas de nuestro linaje: la creatividad.

A partir de *H. habilis* se originó la especie *H. ergaster,* cuyo cerebro había sufrido una nueva expansión. Junto a ello, *H. ergaster* presenta un tamaño y proporciones corporales plenamente humanas. Aunque esta especie fabricaba, al comienzo de su andadura evolutiva, herramientas de tipo olduvayense, pronto inventó una nueva manera, más elaborada y eficaz, de tallar la piedra: el Achelense o Modo 2. Esta nueva forma de tallar la piedra se diferencia de la anterior, el Modo 1, por la presencia de cadenas operativas mucho más largas que dan lugar a utensilios más complejos que ya estaban preconfigurados en la mente de sus artífices antes de comenzar su elaboración. A esta capacidad de imaginar objetos aún no existentes, en el Modo 2 se le añade la facultad de idear la secuencia de acciones necesaria para elaborar dichos objetos. Así, a la capacidad creativa que implica el Modo 1, el Modo 2 añade otra característica específicamente humana: la planificación.

Los primeros humanos que rebasaron los límites de nuestro continente natal y comenzaron el poblamiento de los otros dos continentes del Viejo Mundo, correspondían a una forma primitiva de *H. ergaster* (o quizá un tipo evolucionado de *H. habilis),* tal como atestiguan los fósiles recuperados en el yacimiento georgiano de Dmanisi, datado en cerca de 1,8 millones de años, para los que los autores del descubrimiento han creado la especie *H. georgicus* (aunque más bien parece una variante de *H. ergaster).* Interesantemente, los humanos de Dmanisi no empleaban el Modo 2, sino que sus herramientas de piedra fueron elaboradas con una técnica del tipo del Modo 1.

Muy probablemente, la especie humana representada en Dmanisi dio lugar a la especie *H. erectus,* que llegó hasta el confín suroriental de Asia, donde evolucionó localmente, desarrollando un cerebro cada vez mayor y exagerando la robustez del cráneo.

También es posible que la población humana representada por los fósiles de Dmanisi diera lugar a la especie *H. antecessor,* cuyos fósiles, recuperados en el yacimiento de Gran Dolina, de la Sierra de Atapuerca, tienen una antigüedad de alrededor de 800.000 años (y eran los más antiguos conocidos del continente europeo hasta el hallazgo, en el verano de 2007, de fósiles humanos de una antigüedad de algo más de 1,2 millones de años en el yacimiento de la Sima del Elefante, también en Atapuerca). De esta especie apenas se conocen fósiles fuera de Atapuerca, pero parece razonable suponer que también vivió en África. Con los datos disponibles, la hipótesis más sencilla que se puede contemplar es la de que la población europea de *H. antecessor* originó un linaje local que, a través de la especie *H. heidelbergensis,* acabó dando lugar a los populares neandertales *(H. neanderthalensis).* Merece la pena subrayar que, hoy día, *H. heidelbergensis* es la especie humana fósil mejor conocida gracias a los extraordinarios hallazgos realizados desde 1976 en la Sima de los Huesos, también en la Sierra de Atapuerca. Este yacimiento, de una antigüedad algo superior al medio millón de años, es el más rico en fósiles humanos del planeta.

Gracias a los descubrimientos e investigaciones realizadas en la Sima de los Huesos sabemos, entre otras cosas, que *H. heidelbergensis* era preferentemente diestro, que su desarrollo era algo más rápido que el nuestro, que eran capaces de oír, y seguramente hablar, como nosotros, que su cerebro era notablemente mayor que el de las especies anteriores, que sus cuerpos eran mucho más anchos que los nuestros, para una estatura similar y que el parto era más sencillo. También hay sólidas evidencias de que aquellos humanos cuidaban de sus ancianos y enfermos, y también de que fueron los primeros en reservar un tratamiento especial a los muertos.

Por otra parte, aunque su cerebro era notablemente mayor que el de *H. ergaster, H. heidelbergensis* aún empleaba la misma tecnología de la talla de la piedra: el Modo 2. Es muy probable que el notable incremento del volumen cerebral de H. heidelbergensis no se correspondiera con una mejora de sus capacidades tecnológicas sino que respondiera a la necesidad de procesar unas relaciones sociales cada vez más complejas, tal como demuestran las evidencias de acentuación en las relaciones personales, cuidado de enfermos y ancianos y cultura de la muerte encontradas en la Sima de los Huesos.

Como ya ha quedado dicho, los neandertales se originaron a partir de *H. heidelbergensis.* La diferencia más notable con sus antepasados consiste en un cerebro aún mayor, incluso más grande, en promedio, que el de nuestra propia especie. Los neandertales también cuidaban a sus enfermos y mayores, y enterraban a sus muertos. Además, dominaban el fuego e inventaron una nueva forma, más compleja y eficaz, de tallar la piedra: el Musteriense (una variante del denominado Modo 3). Con todo ello, fueron capaces de expandirse hasta las tierras de Oriente Próximo y del Asia Central.

Mientras, en África, las poblaciones de *H. antecessor* también habían evolucionado para dar lugar a otra especie humana nueva, la nuestra: *H. sapiens.* Su cerebro era notablemente mayor que el de sus antepasados (pero, algo menor que el de los neandertales) y, sobre todo, presentaba otra arquitectura del cráneo (una forma más esférica) y sus cuerpos se habían hecho más estrechos y gráciles.

Nuestra especie salió de África al menos en dos ocasiones. La primera, hace unos 100.000 años, fue fugaz y no llegó más allá de las tierras de Oriente Próximo, seguramente no fueron capaces de competir con la otra especie humana que se encontraron allí: los neandertales. Pero 40.000 años después, *H. sapiens* volvió a salir de África y esta vez la historia fue diferente: se expandió por Europa y Asia, sustituyendo a las humanidades autóctonas (neandertales y *H. erectus).* Cuál o cuáles fueron las ventajas que presentaba *H. sapiens* y que le permitieron prevalecer frente a las otras humanidades contemporáneas es objeto de intenso debate.

En ese sentido, es interesante destacar que nuestra especie es la única que ha mostrado la capacidad de plasmar su mundo mental en soportes físicos, algo a lo que llamamos arte, sea parietal o mueble. Seguramente esa facultad permitió el desarrollo de una nueva tecnología social consistente en el uso de símbolos e imágenes para representar valores

e ideales que permitieron construir grupos mucho más numerosos y cohesionados.

En cualquier caso, *H. sapiens* también desarrolló una nueva manera de tallar la piedra, denominada Modo 4 (que incluye las tradiciones culturales tradicionalmente englobadas bajo el término de Paleolítico Superior). Además, nuestra especie fue la inventora de las primeras máquinas que permitían arrojar proyectiles a gran distancia (propulsor y arco) y de la navegación. Fue nuestra especie la que completó el poblamiento del planeta, llegando hasta Australia, América y el Ártico. Finalmente, hace unos 10.000 años, *H. sapiens* inventó la agricultura y la ganadería, lo que produjo el asentamiento de la población y el nacimiento de las ciudades.

Bibliografía recomendada

Aguirre E, Lumley MA. Fossil Man from Atapuerca, Spain. Their bearing on Human Evolution in the Middle Pleistocene. Journal of Human Evolution 1978; 6:681-738.

Ahern JCM. Foramen magnum position variation in Pan troglodytes, Plio-Pleistocene hominids, and recent Homo sapiens: Implications for recognizing the earliest hominids. American Journal of Physical Anthropology 2005; 127:267-76.

Andrews P. An alternative interpretation of the characters used to define Homo erectus. Courier Forschungsinstitut Senckenberg 1984; 69:167-75.

Arsuaga JL. El collar del neandertal. Madrid: Temas de Hoy, 1999.

Arsuaga JL, Bermúdez de Castro JM, Carbonell E (eds.). The Sima de los Huesos. Journal of Human Evolution 1997; 105-409.

Arsuaga JL, Martínez I. La especie elegida. Barcelona: Ediciones Temas de Hoy, 1998.

Arsuaga JL, Martínez I, Gracia A, Carretero JM, Carbonell E. Three new human skulls from the Sima de los Huesos Middle Pleistocene site in Sierra de Atapuerca, Spain. Nature 1993; 362:534-6.

Arsuaga JL, Villaverde V, Quam R, Martínez I, Carretero JM, Lorenzo C, Gracia A. New Neandertal remains from Cova Negra (Valencia, Spain). Journal of Human Evolution 2007; 52:31-58.

Asfaw B, White T, Lovejoy O, Latimer BM, Simpson S, Suwa G. Australopithecus garhi: A New Species of Early Hominid from Ethiopia. Science 1999; 629-35.

Bermúdez de Castro JM, Arsuaga JL, Carbonell E, Rosas A, Martínez I, Mosquera M. A hominid from the lower Pleistocene of Atapuerca, Spain: Possible Ancestor to Neandertals and Modern Humans. Science 1997; 276:1.392-5.

Bräuer G. The Afro-European sapiens-hypothesis and hominid evolution in East Asia during the late Middle and Upper Pleistocene. Courier Forschungsinstitut Senckenberg 1984b; 69:145-65.

Brown P, Sutikna T, Morwood MJ, Soejono RP, Jatmiko Wayhu, Saptomo E, Due RA. A new small-bodied hominin from the Late Pleistocene of Flores, Indonesia. Nature 2004; 431:1.087-91.

Brunet M, Beauvilain A, Coppens Y, Heintz E, Moutaye AHE, Pilbeam D. Australopithecus bahrelghazali, une nouvelle espèce d'Hominidé ancien de la région de Koro Toro (Tchad). Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, Série II, Earth and Planetary. Science 1996; 322:907-13.

Brunet M, Guy F, Pilbeam D, Mackaye HT, Likius A, Ahounta D, Beauvilain A, Blondel C, Bocherens H, Boisserie JR. A new hominid from the Upper Miocene of Chad, Central Africa. Nature 2002; 418:145-51.

Carbonell E, Bermúdez de Castro JM, Parés JM, Pérez-González A, Cuenca-Bescós G, Ollé A, Mosquera M, Huguet R, Van der Made J, Rosas A, y otros. The first hominin of Europe. Nature 2008; 452:465-70.

Carbonell E, Mosquera M, Olle A, Rodríguez XP, Sala R, Verges JM, Arsuaga JL, Bermúdez

de Castro JM. Les premiers comportements funeraires auraient-ils pris place a Atapuerca, il y a 350 000 ans? L'Anthropologie 2003; 107:1-14.

Darwin CR. El origen de las especies por medio de la selección natural. Madrid: Calpe, 1859.

Darwin CR. El origen del Hombre y la selección en relación al sexo. Madrid: Ediciones Ibéricas, 1871.

Daura J, Sanz M, Subira ME, Quam R, Fullola JM, Arsuaga JL. A Neandertal mandible from the Cova del Gegant (Sitges, Barcelona, Spain). Journal of Human Evolution 2005; 49:56-70.

Gabounia L, De Lumley MA, Vekua A, Lordkipanidze D, De Lumley H. Découverte d'un nouvel hominidé à Dmanissi (Transcaucasie, Géorgie). Comptes Rendus Palevol 2002; 1:243-53.

Gabunia L, Vekua A. A Plio-Pleistocene hominid from Dmanisi. East Georgia, Caucasus. Nature 1995; 373: 509-12.

Galik K, Senut B, Pickford M, Gommery D, Treil J, Kuperavage AJ, Eckhardt RB. External and internal morphology of the BAR 1002?00 Orrorin tugenensis femur. Science 2004; 305:1.450-3.

Grine FE (ed.). Evolutionary History of the Robust Australopithecines. Nueva York: Aldine de Gruyter,1988; 223-43.

Haile-Selassie Y, Suwa G, White TD. Late Miocene Teeth from Middle Awash, Ethiopia, and Early Hominid Dental Evolution. Science 2004; 303:1.503-5.

Heim JL. Les Hommes Fossiles de La Ferrassie (Dordogne) et le problème de la définition des néandertaliens classiques. L'Anthropologie 1974; 78:321-78.

Jacob T, Indriati E, Soejono RP, Hsü K, Frayer DW, Eckhardt RB, Kuperavage AJ, Thome A, Henneberg M. Pygmoid Australomelanesian Homo sapiens skeletal remains from Liang Bua, Flores: Population affinities and pathological abnormalities. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 2006; 103:13.421-6.

Johanson DC, Taieb M, Coppens Y (eds.). Pliocene hominids from the Hadar Formation, Ethiopia (1973-1977) American Journal of Physical Anthropology 1982; 57.

Johanson DC, White TD. A systematic assessment of early African hominids. Science 1979; 203:321-30.

Kimbel WH, Johanson DC, Rak Y. The first skull and other new discoveries of Australopithecus afarensis at Hadar, Ethiopia. Nature 1994; 368:449-51.

Leakey MG, Spoor F, Brown FH, Gathago PN, Kiarie C, Leakey LN, Macdougall I. New hominin genus from eastern Africa shows diverse middle Pliocene lineages. Nature 2001; 410:433-40.

Lordkipanidze D, Jashashvili T, Vekua A, De León MSP, Zollikofer CPE, Rightmire GP, Pontzer H, Ferring R, Oms O, Tappen M. Postcranial evidence from early Homo from Dmanisi, Georgia. Nature 2007; 449:305-10.

Martínez I, Rosa M, Arsuaga JL, Jarabo P, Quam R, Lorenzo C, Gracia A, Carretero JM, Bermudez de Castro JM, Carbonell E. Auditory capacities in Middle Pleistocene humans from the Sierra de Atapuerca in Spain. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 2004; 101:9.976-81.

McDougall I, Brown FH, Fleagle JG. Stratigraphic placement and age of modern humans from Kibish, Ethiopia. Nature 2005; 433:733-6.

Pope GG, Cronin JE. The Asian Hominidae. Journal of Human Evolution 1984; 13:377-96.

Quam RM, Arsuaga JL, Bermúdez de Castro JM, Díez CJ, Lorenzo C, Carretero M, García N, Ortega AI. Human remains from Valdegoba Cave (Huermeces, Burgos, Spain). Journal of Human Evolution 2001; 41: 385-435.

Rightmire GP. The evolution of Homo erectus. Comparative anatomical studies of an extinct human species. , Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

Rosas A, Martínez-Maza C, Bastir M, García-Tabernero A, Lalueza-Fox C, Huguet R, Ortiz JE, Julia R, Soler V, De Torres T. Paleobiology and comparative morphology of a late Neandertal sample from El Sidron, Asturias, Spain. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 2006; 103:19.266-71.

Santa Luca AP. The Ngandong fossil hominids. A comparative study of a far Eastern Homo erectus group. Yale University Publications in Anthropology 1980; 78:1-175.

Senut B, Pickford M, Gommery D, Mein P, Cheboi K, Coppens Y. First hominid from the Miocene (Lukeino Formation, Kenya). Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, Série II, Sciences de la Terre et des planètes 2001; 332:137-44.

Smith FH. Fossil hominids from the Upper Pleistocene of Central Europe and the origin of modern Europeans. En FH. Smith y F. Spencer (eds.), The Origin of Modern Humans: A World Survey of the Fossil Evidence. Nueva York: Alan R. Liss, 1984; 137-209.

Stringer CB. The definition of Homo erectus and the existence of the species in Africa and Europe. Courier Forschungsinstitut Senckenberg 1984; 69:131-43.

Stringer CB, Gamble C. In Search of the Neandertals. Londres, Thames and Hudson, 1994.

Tobias PV. Olduvai Gorge. The cranium and maxillary dentition of Australopithecus (Zinjanthropus) boisei. Cambridge: Cambridge University Press, 1967; vol. 2.

Tobias PV. Olduvai Gorge. The Skulls, Endocasts and Teeth of Homo habilis. Cambridge: Cambridge University Press, 1991; vol. 4.

Turner A, Chamberlain A. Speciation, morphological change and the status of African Homo erectus. Journal of Human Evolution 1989; 18:115-30.

Walker A, Leakey REF. The Nariokotome Homo erectus skeleton. Berlin: Springer Verlag, 1933.

Wallace AR. Contributions to the theory of Natural Selection. A series of essays. Nueva York: Mc Millan and Co., 1871.

White TD, Suwa G, Asfaw B. Australopithecus ramidus, a new species of early hominid from Aramis, Ethiopia. Nature 1994; 371:306-12.

Wolpoff MH, Senut B, Pickford M, Hawks J. Sahelanthropus or Sahelpithecus? Nature 2002; 419:581-2.

Wood BA. The origin of Homo erectus. Courier Forschungsinstitut Senckenberg 1984; 69:99-111.

Wood BA. Koobi Fora Research Project. Hominid Cranial Remains. Oxford: Clarendon Press, 1991; vol. 4.

Wood BA. Origin and evolution of the genus Homo. Nature 1992; 335:783-90.

Wood B, Collard M. The human genus. Science 1999; 284:65-71.






ISBN 978-84-7867-078-9